



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

"Círculos que circulan". La robótica educativa en el aprendizaje de las Matemáticas.

Autor/es

MARÍA RITA LETONA RICA

Director/es

ÁNGEL ALBERTO MAGREÑÁN RUIZ

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Matemáticas

Departamento

MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN

Curso académico

2019-20



"Círculos que circulan". La robótica educativa en el aprendizaje de las Matemáticas., de MARÍA RITA LETONA RICA

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor, 2020

© Universidad de La Rioja, 2020

publicaciones.unirioja.es

E-mail: publicaciones@unirioja.es

Trabajo de Fin de Máster

"Círculos que circulan"
**La robótica educativa en el
aprendizaje de las Matemáticas**

Autora

M^a Rita Letona Rica

Tutor: Ángel Alberto Magreñán Ruiz

MÁSTER:

Máster en Profesorado, Matemáticas (M06A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2019/2020



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	5
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	Contenidos y competencias básicas en el sistema educativo.....	7
3.2.	Modelo de desarrollo positivo adolescente.....	8
3.3.	La Motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje	10
3.4.	Metodologías de enseñanza-aprendizaje	11
3.5.	Robótica educativa en la educación primaria y secundaria	14
4.	ESTADO DE LA CUESTIÓN	17
5.	INTERVENCIÓN DIDÁCTICA – “CÍRCULOS QUE CIRCULAN”	23
5.1.	Contexto	23
5.2.	Ámbito de la intervención en el aula	25
5.3.	Objetivos	25
5.4.	Metodología	28
5.4.1.	<i>Criterios de diseño</i>	28
5.4.2.	<i>Metodología del alumnado</i>	29
5.4.3.	<i>Metodología del docente</i>	31
5.5.	Atención a la Diversidad en el aula	32
5.6.	Esquema y Secuenciación de las Actividades.....	33
5.7.	Evaluación	44
5.8.	Recursos	49
6.	DISCUSIÓN.....	51
7.	CONCLUSIONES GENERALES	53
8.	REFERENCIAS.....	57



ANEXO I: CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE OBJETO DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PROPUESTA.....	59
ANEXO II: OTROS DOCUMENTOS ADJUNTOS.....	63

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Competencias del desarrollo positivo adolescente (Oliva et al., 2010).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Contenidos matemáticos involucrados (Zhong & Xia, 2020)</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3. Tipos de robots usados (Zhong & Xia, 2020).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Activación de interés. Roomba (iRobot), Asimo (American Honda Motor Co) y Exoesqueleto (C.S.I.C.).....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5. Introducción a la Robótica. Lego Mindstorms Education EV3.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6. Montaje Base motriz. Lego Mindstorms Education EV3.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 7. Activación de conocimientos. Razón y Proporción.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8. Matemáticas y Robótica.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 9. Programación por bloques</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10. Activación de Conocimientos: Circunferencia y Círculo</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11. Matematizando la solución. Fuente propia</i>	<i>39</i>
<i>Figura 12. Desarrollando la competencia digital.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13. Activación de conocimientos. Triángulos y sus características.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 14. Construir un robot que dibuje. Lego Mindstorms EV3 Education.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15. Codificando la solución matematizada.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16. Puesta en común. Reconocer lo aprendido y su valor</i>	<i>43</i>

Resumen: Muchos de los denominados países desarrollados presentan un déficit importante de estudiantes de grado medio y superior en ámbitos como las Matemáticas, la Ingeniería, las Ciencias y la Tecnología. Si bien las causas son de origen múltiple, el sistema educativo debería ser parte fundamental en romper con los tabúes negativos de estas materias entre el alumnado, y en fomentar el interés por las mismas. Este proyecto plantea cómo una combinación didáctica puntual del currículo de Matemáticas y de Tecnología mediante el uso adecuado de la Robótica educativa, con un enfoque de aprendizaje activo y motivador para los estudiantes, puede constituir una potente herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas. Adicionalmente puede contribuir de un modo significativo al desarrollo del resto de competencias básicas que establece el sistema educativo para la Educación Secundaria Obligatoria, y en definitiva a un desarrollo adolescente positivo.

Palabras clave: robótica educativa, Matemáticas, Tecnología, estrategias de enseñanza-aprendizaje, educación secundaria, competencias básicas

Abstract: Most of the developed economies in the world currently face a lack of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) professional skills. Active learning methodologies combining Mathematics & Technology teaching for specific subjects, using educational robotics, like the one proposed in this project, could not only overcome the traditional negative taboos linked with both topics but also contribute in an effective way to enhance the basic educational competences defined in the Spanish educational system for students at Secondary Education. Furthermore, it can come as a powerful tool for a positive adolescence development, reinforcing the Cognitive, Social, Emotional, Personal and Moral abilities and skills of the students.

Keywords: educational robotics, Mathematics, Technology, teaching & learning strategies, secondary education, basic competences

1. INTRODUCCIÓN

En una sociedad donde el procesamiento masivo de datos, la inteligencia artificial, la robótica, los materiales inteligentes, los medios digitales de comunicación o el entretenimiento en soporte digital son, entre muchas otras, áreas de desarrollo profesional de alto valor añadido, es clave que los estudiantes desarrollen conocimientos y habilidades matemáticas que les habiliten para seguir formándose y poder incorporarse a ese mundo profesional. Sin embargo, existe un déficit importante de este tipo de perfiles y vocaciones profesionales que el sistema educativo, entre otros, debería ayudar a revertir. En ese sentido, tanto los contenidos como las estrategias de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas juegan un rol importante y van a necesitar adaptarse.

Desde finales del s. XX y especialmente en las dos últimas décadas, el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación Primaria y Secundaria ha sido ampliamente analizado e implantado. Buena parte de los estudios realizados se centraron inicialmente en la introducción de dispositivos electrónicos en las aulas como sustitutivos de los recursos tradicionalmente usados por los docentes (pizarras) y por el alumnado (libros de texto y cuadernos), así como en la adaptación del formato de los contenidos a los nuevos dispositivos. Más recientemente, el uso de la tecnología y del pensamiento computacional en las distintas etapas del sistema educativo se viene considerando ya no sólo como un soporte físico distinto al tradicional sino como un elemento facilitador e incluso como una herramienta clave para el desarrollo de las competencias básicas que propugna el modelo educativo español y europeo.

Un uso inteligente de la tecnología en el aula, con una adecuada base pedagógica y didáctica, puede jugar un papel relevante en el proceso de adaptación del propio currículo de Matemáticas facilitando al alumnado la adquisición de competencias básicas en el siglo XXI. También puede cambiar la percepción de la materia de Matemáticas que en la actualidad sigue provocando indiferencia, cuando no temor y rechazo, entre parte de los estudiantes de las etapas educativas de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) y Bachillerato.

Por otra parte, el inicio de la E.S.O. coincide, para muchos estudiantes, con un periodo de cambios adicionales al puramente educativo. Es un periodo de plena ebullición entre la adolescencia temprana y la adolescencia media. En muchos casos, se produce además un cambio de centro educativo que supone la pérdida de parte de sus referencias previas (compañeros y amigos, profesores, lugares conocidos, etc.). Una adecuada integración de los estudiantes en esta etapa, y la consiguiente gestión de la diversidad en el aula son también elementos clave para conseguir buenos resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el propio desarrollo personal de los alumnos y alumnas.

Dentro del amplio espectro de tecnologías que se pueden utilizar en las aulas de educación Secundaria y Bachillerato para la enseñanza de las Matemáticas, la Robótica educativa es una de las que presenta una mayor potencialidad para abordar los retos mencionados, especialmente si su uso didáctico se integra con otras materias como la Tecnología, la Física o las Artes. La Robótica educativa es un potente recurso manipulativo para el aula, flexible en la configuración física y en los problemas que permite implementar, y por lo tanto, se adapta bien a estudiantes con distintos perfiles de aprendizaje. Permite experimentar y observar de forma tangible cambios en las condiciones y resultados de un problema. También desarrolla la competencia digital mediante el pensamiento computacional, a la vez que potencia la capacidad analítica de los alumnos, e incentiva su creatividad y su iniciativa. Y, por último, permite generar en el aula contextos de aprendizaje cooperativo.

Este Trabajo Fin de Máster presenta una propuesta de uso de la Robótica educativa mediante una combinación didáctica de algunos contenidos curriculares de Matemáticas y de Tecnología en 1º de E.S.O., para lograr un aprendizaje significativo de dichos contenidos, potenciando a la vez el desarrollo en el alumnado de las competencias básicas que recoge la legislación educativa para las etapas de E.S.O. y Bachillerato, y contribuyendo, en definitiva, a un desarrollo positivo adolescente.

Para ello, el trabajo incluye un análisis del marco teórico sobre algunas de las metodologías didácticas que pueden utilizarse para la introducción de la robótica en el aula como herramienta didáctica, así como un resumen sobre el estado del



arte en el uso de este tipo de tecnología para la enseñanza de Matemáticas en la educación secundaria.

El trabajo plantea finalmente una propuesta de intervención didáctica en el aula que, atendiendo a las lecciones aprendidas del análisis del estado del arte, utiliza la robótica educativa para la impartición conjunta de algunos contenidos de Matemáticas y de Tecnología en 1º curso de Educación Secundaria Obligatoria.



2. OBJETIVOS

Este Trabajo Fin de Máster presenta una propuesta de uso de la robótica educativa mediante una combinación didáctica de algunos contenidos curriculares de Matemáticas y Tecnología en el primer curso de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.)

El Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, publicado en el Boletín Oficial del Estado el 3 de enero de 2015, establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. En el mismo se fijan las competencias básicas a desarrollar durante ambas etapas educativas, así como los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para cada curso y materia.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar una intervención didáctica que utilizando la robótica educativa contribuya, en el marco de lo establecido por la actual legislación educativa, al desarrollo de la competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología de los estudiantes de 1º curso de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O), junto con el desarrollo de su competencia Digital más allá del rol de simples usuarios de tecnología.

Para ello, este trabajo fin de máster persigue los siguientes objetivos específicos:

- Recopilar bibliografía sobre el uso de la robótica educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, en etapas educativas no universitarias y preferentemente en la etapa de educación secundaria.
- Identificar y describir el marco teórico de algunos de los aspectos pedagógicos y de las metodologías didácticas que deben tenerse en cuenta para llevar adecuadamente a la práctica el uso de la robótica educativa en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en las fases de adolescencia temprana y adolescencia media.
- Desarrollar una intervención didáctica para el primer curso de E.S.O. que utilice la robótica educativa para la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, tomando en consideración el análisis realizado de la literatura publicada al respecto, y los elementos pedagógicos y didácticos previamente identificados.

El trabajo plantea cómo el uso de la robótica educativa junto a una combinación didáctica adecuada del currículo de Matemáticas y de Tecnología en una intervención didáctica concreta puede contribuir, no solo a romper con los tabúes negativos de ambas materias entre parte del alumnado, sino también a potenciar el desarrollo de las distintas competencias que deben desarrollar los estudiantes según el actual marco normativo, y que en buena medida se enmarcan en las competencias que constituyen la base de un desarrollo positivo adolescente (Cognitivas, Emocionales, Sociales, Personales y Morales).

Se trata, en definitiva, de mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en estudiantes de 1º de E.S.O., trabajando su motivación e interés hacia las Matemáticas y la Tecnología, su integración en el aula, el desarrollo de las competencias básicas establecidas por el currículo de E.S.O. y contribuyendo a un desarrollo positivo adolescente.

Para ello, junto al correspondiente marco teórico que lo ampara, y un análisis sobre el estado del arte en el uso de la robótica educativa en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, este trabajo incluye el diseño de una intervención en el aula actividad que incluye el uso de robots educativos bajo una metodología combinada de aprendizaje activo, aprendizaje cooperativo y gamificación.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Contenidos y competencias básicas en el sistema educativo

El Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, 2015) que establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, en su capítulo 1 de Disposiciones generales, indica que las competencias básicas del currículo son:

- Comunicación lingüística
- Competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología
- Competencia digital
- Aprender a aprender
- Competencias Cívicas y Sociales
- Sentido de Iniciativa y espíritu emprendedor
- Conciencia y expresiones culturales

En el mismo capítulo se indica que “para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumnado avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo” (Ministerio de Educación, 2015).

En la introducción al currículo de la materia de Matemáticas, el Real Decreto 1105/2014, en adelante R.D. 1105/2014, también señala que:

La resolución de problemas y los proyectos de investigación constituyen ejes fundamentales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. La habilidad de formular, plantear, interpretar y resolver problemas es una de las capacidades esenciales de la actividad matemática, ya que permite a las personas emplear los procesos cognitivos para abordar y resolver situaciones interdisciplinares reales, lo que resulta de máximo interés para el desarrollo de la creatividad y el pensamiento lógico. En este proceso de resolución e investigación están involucradas muchas otras competencias, además de la matemática, entre otras, la comunicación lingüística, al leer de forma comprensiva los enunciados y comunicar los resultados obtenidos; el sentido de iniciativa y emprendimiento al establecer un plan de trabajo en revisión y modificación continua en la medida que se va resolviendo el problema; la competencia digital, al tratar de forma adecuada la

información y, en su caso, servir de apoyo a la resolución del problema y comprobación de la solución; o la competencia social y cívica, al implicar una actitud abierta ante diferentes soluciones. Partiendo de los hechos concretos hasta lograr alcanzar otros más abstractos, la enseñanza y el aprendizaje de Matemáticas permite al alumnado adquirir los conocimientos matemáticos, familiarizarse con el contexto de aplicación de los mismos, y desarrollar procedimientos para la resolución de problemas (Ministerio de Educación, 2015).

El propio R.D. 1105/2014 indica que, de los cinco bloques de Contenidos, Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables en los que estructura el currículo de Matemáticas, el bloque *Procesos, métodos y actitudes matemáticas* se articula sobre cinco ejes: resolución de problemas, proyectos de investigación matemática, un enfoque de modelización e interpretativo aplicado a la realidad en distintos entornos, la actitud hacia las matemáticas, y el uso de diferentes medios tecnológicos.

Pueden encontrarse también indicaciones en el mismo sentido de potenciar el uso de medios tecnológicos, en distintas órdenes o disposiciones de ámbito autonómico que desarrollan el mencionado R.D. 1105/2014. Así, la Orden EDU/362/2015 de 4 de mayo (BOCYL, 2015), que desarrolla el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato para la Comunidad Autónoma de Castilla y León, en el capítulo introductorio al currículo de Matemáticas de ESO señala que:

La necesidad de que la metodología esté centrada en el desarrollo y adquisición por parte del alumnado de las competencias del currículo nos manifiesta la necesidad de utilizar las tecnologías digitales e informáticas como mecanismo que mejorará el aprendizaje conceptual, facilitará la ejecución de tareas rutinarias tediosas y proporcionará una herramienta para representar gráficamente distintos fenómenos de la realidad o presentar los resultados de manera ordenada y adecuada.

3.2. Modelo de desarrollo positivo adolescente

Frente al modelo tradicional centrado en los riesgos y déficits de la adolescencia que generan prejuicios intergeneracionales negativos en el ámbito familiar, escolar y social, hay autores (Oliva et al., 2010) que plantean contribuir al desarrollo adolescente de acuerdo a un modelo denominado *Desarrollo positivo adolescente* (Oliva Delgado et al., 2011). Este modelo toma a su vez

como referencia la teoría del desarrollo positivo adolescente basado en la competencia (Benson, Scales, Hamilton, & Sesma, 2007), los estudios relativos a la importancia del bienestar emocional, social y psicológico en la salud mental de los adolescentes (Keyes, 2009), y el modelo de desarrollo positivo de las cinco C's (Lerner, Almerigi, Theokas, & Lerner, 2005).

El modelo de desarrollo positivo adolescente propuesto por Oliva identifica qué elementos o competencias de los adolescentes definen más claramente un desarrollo positivo. A partir de un estudio empírico (Oliva et al., 2010), el modelo se concreta en 27 competencias agrupadas en torno a cinco áreas, y que representan a través de una flor (véase Figura 1), símbolo relacionado con el concepto de flourishing (Keyes, 2002).



Figura 1. Competencias del desarrollo positivo adolescente (Oliva et al., 2010)

Dada la relevancia cuantitativa y cualitativa que el sistema educativo tiene en la vida de los estudiantes a lo largo de las distintas etapas de su adolescencia, los programas escolares pueden y deben constituirse en promotores del desarrollo adolescente (Pertegal, Oliva, & Hernando, 2010). De hecho, puede afirmarse que buena parte de los elementos identificados en el modelo de desarrollo positivo adolescente conforman algunas de las competencias básicas que establece el actual marco educativo español, tales como las competencias cívicas y sociales, el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, la conciencia y expresiones culturales o la competencia de aprender a aprender.

3.3. La Motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Existen múltiples variables psicológicas del alumno que influyen en su aprendizaje. Están por una parte los aspectos cognitivos que tienen que ver con los conocimientos previos (Saber) y las capacidades tales como la inteligencia, la memoria o la capacidad de atención (Poder). Están, por otra parte, las variables relacionados con aspectos emocionales (Querer) y de personalidad (Ser y Creer). Para lograr un rendimiento escolar adecuado de todos los estudiantes, las estrategias de aprendizaje que se usan en el aula deben de tener en cuenta esta multiplicidad de variables.

En términos de su impacto en el aprendizaje, estos dos grupos de variables psicológicas muestran cierto grado de interdependencia. Así, factores emocionales como la novedad o la sorpresa influyen en la atención, de igual manera que la motivación del alumno determina también su grado de atención durante el proceso de aprendizaje.

Según Pintrich (Pintrich, 1989), existen tres componentes personales en la motivación:

- Expectativa respecto a la capacidad para realizar una tarea.
- Valor de la tarea para quien la realiza que depende de las metas de cada individuo: por qué y para qué la hago.
- Afectivo: qué sentimientos provoca realizar la tarea.

Alonso Tapia (2005), también concluye que el significado o valor de una actividad académica depende de la importancia que cada uno de los alumnos da a las distintas metas a las que la actividad contribuye. El significado para los alumnos va desde incrementar sus capacidades y competencias (motivación intrínseca) a percibir la utilidad de aprender algo en términos de conseguir incentivos externos (significado instrumental) o simplemente a conseguir aprobar u obtener buenas notas.

Alonso Tapia propone una serie de pautas de actuación docente en las tres fases de desarrollo del aprendizaje - al inicio, durante el desarrollo y en la evaluación-, que repercuten positivamente en la motivación de los alumnos. Activar el interés, despertar la curiosidad, focalizarse en el proceso y progreso del aprendizaje, y no solo en los resultados, o tener en cuenta el impacto de la evaluación en la motivación son aspectos clave a tener en cuenta.

3.4. Metodologías de enseñanza-aprendizaje

Este apartado describe con detalle el marco teórico de tres metodologías de enseñanza-aprendizaje que son las que se utilizan en la propuesta de intervención didáctica de este trabajo: Aprendizaje activo, Gamificación y Aprendizaje cooperativo. No obstante, también hay en la intervención didáctica ligeras connotaciones propias de otras metodologías didácticas como el Aprendizaje basado en Problemas, el Aprendizaje basado en Proyectos, el Aprendizaje por Descubrimiento o los Talleres de aprendizaje.

En el modelo de *Aprendizaje activo* el estudiante constituye el centro del proceso de forma que mediante una actitud activa logre construir su propio conocimiento. Esta aproximación al aprendizaje tiene su origen en el modelo de aprendizaje experiencial (learning by doing) formulado por Dewey (1938). Posteriormente, el modelo de aprendizaje activo (Kolb, 1984) plantea que el aprendizaje óptimo debe pasar por cuatro fases:

- Acción: poner al estudiante en contacto directo con lo que está aprendiendo.
- Teorización: implica la abstracción y el conocimiento teórico.
- Reflexión: pensar antes de actuar, contrastar lo aprendido y profundizar.
- Pragmatismo: optimizar la práctica aplicando lo aprendido.

El propio informe de la UNESCO (Delors, 1996) que establece los pilares de la educación para el s. XXI, da carta de naturaleza a distintos tipos de aprendizaje (aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser) que deben ser abordados y puestos en práctica de forma integral, implicando además un cambio respecto al rol pasivo asignado tradicionalmente al alumnado.

El aprendizaje activo se enmarca en las teorías y postulados del constructivismo, en los que el estudiante debe ser capaz de aprehender a través de la experiencia el significado de lo aprendido. Según el modelo de Piaget, un estudiante del primer ciclo de educación secundaria, en su desarrollo como individuo, puede encontrarse al final de la etapa operacional concreta cuyos rasgos característicos son el pensamiento lógico y sistemático con relación a objetos concretos, o ya en la etapa operacional formal en la que desarrolla el

pensamiento hipotético-deductivo, el pensamiento abstracto, y asienta sus comportamientos sociales y su desarrollo moral.

En el aprendizaje activo el estudiante se convierte en protagonista de su propia formación, aprendiendo a aprender no sólo el qué (conocimiento declarativo) sino el cómo (conocimiento procedimental) (Pallarès et al., 2018).

El modelo del aprendizaje activo se completa con los postulados de Ausubel según el cual los alumnos construyen un aprendizaje significativo relacionando los conocimientos previos con los nuevos conceptos o información adquirida.

En cualquier caso, el aprendizaje activo y significativo requiere un rol del docente diferente al tradicional. En primer lugar, debe adecuar el proceso de enseñanza-aprendizaje al nivel de desarrollo alcanzado por los estudiantes. Y en segundo lugar, para fomentar ese rol del alumno como constructor de su conocimiento, el profesor debe actuar fundamentalmente como facilitador y guía del proceso de aprendizaje, proponiendo situaciones de aprendizaje, respondiendo a las dudas con preguntas abiertas, fomentando el pensamiento crítico y ayudando a los estudiantes a tomar conciencia de lo aprendido.

La metodología de *Gamificación* permite precisamente poner en práctica una actividad docente que tenga en cuenta los factores clave que activan la motivación del alumnado. Los elementos del juego y el juego en sí han estado presentes desde la fundación de la escuela (Foncubierta & Rodríguez, 2006). Según ambos autores, la gamificación podría definirse como:

Técnica que el profesor emplea en el diseño de una actividad de aprendizaje (sea analógica o digital) introduciendo elementos del juego (límite de tiempo, puntuaciones, dados, etc.) y su pensamiento (retos, competición, etc.) con el fin de enriquecer la experiencia de aprendizaje, dirigir y/o modificar el comportamiento de los alumnos en el aula.

Por lo tanto, la gamificación didáctica debe llevar siempre implícito un contenido didáctico y un logro de aprendizaje.

Algunos factores importantes a la hora de gamificar una actividad son los siguientes:

- Objetivo: informar a los alumnos el objetivo de la actividad antes de empezarla.

- Vinculación al contenido: la dinámica de juego necesita tener una clara vinculación con el Contenido cuyo aprendizaje se pretende desarrollar o reforzar.
- Diseño de la actividad: adornar la actividad para que resulte atractiva a los alumnos.
- Proponer retos: exponerles a retos accesibles que ayuden a mejorar sus niveles de atención e interés.
- Reglas: toda actividad debe regirse por una normativa que se adapte al aula.
- Niveles de dificultad: establecer diferentes niveles de dificultad a la hora de diseñar la actividad para adaptarse a la diversidad del aula.
- Recompensas: establecer reconocimientos que premien el progreso de los alumnos utilizando la evaluación como factor motivacional positivo.

La gamificación conecta directamente con la emoción activa y vivencial. Los elementos de la gamificación que más ayudan a activar la curiosidad y el interés en el aula son: la resolución de enigmas, los vacíos de información, la narración y la creación de espacios imaginarios en los que haya que resolver algo, satisfacer la sensación de privación o responder a preguntas fantásticas (Foncubierta & Rodríguez, 2006).

Por último, la metodología de gamificación propuesta se desarrollará bajo un modelo de aprendizaje cooperativo, de manera que se refuerce el abanico de habilidades interpersonales a potenciar en los alumnos, en pos de lograr el desarrollo de las competencias que determinan un desarrollo positivo adolescente.

En la metodología de *Aprendizaje cooperativo* cada alumno alcanza la meta que se ha propuesto en la medida en que sus compañeros alcanzan las suyas (Fernández de Haro, 2010). Según investigaciones en este campo (Johnson, and Johnson, 1989), el sistema cooperativo, incluso compitiendo con otros grupos de compañeros, produce mejores rendimientos que los sistemas individualista y competitivo.

De acuerdo a estos autores, las principales características del aprendizaje cooperativo son:

- la Interdependencia positiva entre los miembros del grupo.

- la Interacción personal.
- la Responsabilidad individual y grupal.
- el Aprendizaje y Uso de destrezas Interpersonales y Grupales.
- la Valoración frecuente y sistemática del funcionamiento del grupo.

Como menciona Pujolàs (Pujolàs Maset, 2012), ya Piaget en 1969 empezó a destacar que la interacción entre iguales que aprenden es tan importante como la interacción asimétrica entre el docente y los educandos. En ese sentido, en una estructura de aprendizaje cooperativo se da gran importancia a la interacción educando-educando, y consecuentemente, al trabajo en grupo además de al trabajo individual. Según Pujolàs (Pujolàs Maset, 2008), una intervención educativa de aprendizaje cooperativo implica trabajar tres aspectos clave:

- la Personalización de la enseñanza, utilizando múltiples formas de comunicar conocimientos, de realizar actividades y de evaluar.
- aumentar la Autonomía de los alumnos en el proceso de aprendizaje.
- la Estructuración cooperativa del proceso de aprendizaje de modo que los estudiantes sean capaces de ayudarse a la hora de aprender.

3.5. Robótica educativa en la educación primaria y secundaria

La mayoría de los artículos y publicaciones relativas al uso de la robótica a la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas considera que las características propias de la robótica (multidisciplinar, manipulativa e integrada) proporcionan a los estudiantes la posibilidad de trabajar con las matemáticas en contextos del mundo real acordes a sus intereses o áreas de conocimiento individuales (Zhong & Xia, 2020).

El 80% de los casos analizados de utilización de la robótica educativa como herramienta didáctica en educación secundaria, corresponden a temas relacionados con la Física y las Matemáticas, y en este último caso, más concretamente con conceptos como distancias, ángulos, fracciones, razones, construcción de gráficas o conceptos geoespaciales (Benitti, 2012).

A la pregunta de si la robótica educativa es una herramienta de enseñanza eficiente en primaria y secundaria, el análisis de Benitti (Benitti, 2012) sobre la literatura publicada señala que no hay resultados concluyentes, ya que si bien, en general, se aprecia una mejora en el aprendizaje, también hay casos

analizados donde no se encuentra ninguna mejora estadísticamente significativa. El mismo análisis señala que, en términos del desarrollo de habilidades, la robótica educativa puede contribuir al pensamiento crítico, a la aproximación a la resolución de problemas y a las habilidades de interacción social. Y en términos de contribución al aprendizaje de conceptos matemáticos su mayor potencial aparece en alumnos de nivel medio en temas como fracciones, proporciones, cálculo de distancias y geometría relacionada con círculos y ángulos.

No obstante, la percepción positiva de la robótica educativa no implica automáticamente que los estudiantes elaboren estrategias de resolución de problemas más allá del método de prueba y error (Savard & Freiman, 2016).

Otro aspecto a tener en cuenta es cómo valorar y evaluar el aprendizaje obtenido mediante el uso en el aula de la tecnología digital en general, y de la robótica educativa en particular. En observaciones realizadas sobre casos de uso de la robótica en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas se ha podido observar que, ante una tarea a ejecutar, los alumnos tienden a volcarse en las actividades relacionadas con el robot (montaje y programación) sin dedicar tiempo al contexto de la tarea o al análisis de la tarea en sí. La evidencia indica también que los estudiantes pueden pasar con naturalidad del contexto matemático (circunferencia, ángulo, rotación, distancia o porcentajes) al contexto digital (programación y robot), y viceversa. Además la formulación de resultados durante el trabajo en el aula puede ayudar a los estudiantes a desarrollar sus competencias cívicas y sociales tales como el pensamiento crítico y la toma de decisiones (Savard & Freiman, 2016). Pero en situaciones de escaso o nulo soporte docente puede generar una dinámica reiterada de prueba y error hasta conseguir el resultado esperado, sin aplicar un razonamiento matemático o una activación consciente de conocimientos matemáticos previos.

Esto lleva a considerar que la evaluación de actividades basadas en el uso de la robótica no es una tarea simple. No basta con saber sólo si se ha logrado el resultado esperado (por ejemplo, mover el robot hasta una posición) sino qué conceptos y procesos han utilizado. El uso en la evaluación de contextos matemático, digital, científico y sociocultural, tal como propone el modelo etnomatemático (Savard & Freiman, 2016) facilita al docente agrupar los

distintos tipos de conocimiento demostrados por los estudiantes. No obstante, según Venturini (2015) los docentes no están, en general, abiertos a incorporar en la evaluación sumativa de la materia de matemáticas las competencias de otros contextos, incluido el digital, porque esta práctica no está alineada con sus objetivos formales de evaluación.

Las condiciones de aprendizaje constituyen también un factor relevante en el uso de la robótica educativa para la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas. Aspectos como la planificación del tiempo, los materiales, la gestión del aula y la motivación de los estudiantes se consideran los condicionantes principales desde el punto de vista docente (Savard & Highfield, 2015). Algunos de estos condicionantes tienen aspectos positivos como es el trabajo en equipo, y el aprendizaje cooperativo mediante la rotación de roles diferentes.

Y por último, tal vez los factores principales a la hora de utilizar con éxito la robótica educativa en el aula sean en primer lugar la formación de los propios docentes para poder combinar con seguridad el uso de esa tecnología con una adecuada base pedagógica y didáctica en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas; y, en segundo lugar, el propio convencimiento del docente sobre las oportunidades que el uso de la robótica proporciona para un aprendizaje activo de los alumnos: si se perciben las matemáticas simplemente como una tarea que ejecuta un robot o si por el contrario se entiende que el montaje y la programación de un robot involucra procesos previos de modelización y de razonamiento matemático.

En definitiva, del análisis de la literatura consultada se concluye, por tanto, que la robótica por sí sola no garantiza una mejora de resultados en el aprendizaje de las Matemáticas, ya que el docente, la actividad y el contexto de aprendizaje juegan también un papel fundamental (Zhong & Xia, 2020).

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Desde la primera década del s. XXI se ha publicado abundante literatura sobre el uso de la robótica en la educación. No obstante, las publicaciones existentes aportan mayoritariamente información de tipo cualitativo, como pueden ser la descripción de experiencias, la observación de estudiantes y profesores, la valoración cualitativa de resultados o los aspectos prácticos de implementación en el aula. A pesar del interés generado por la robótica educativa, todavía hoy existen escasos estudios con una adecuada aproximación experimental (grupos de control, muestra significativa y aleatoria, valoración cuantitativa) que permitan evaluar el impacto de la robótica educativa en los procesos de aprendizaje de la educación secundaria.

En la revisión realizada por Benitti (Benitti, 2012) sobre publicaciones relacionadas con la robótica y la educación, puede comprobarse que apenas el 36% de los artículos publicados tenían como objeto el uso de la robótica educativa como herramienta didáctica, es decir, su utilización en la enseñanza de materias distintas a la propia robótica, durante las etapas de educación primaria y secundaria. Y a su vez apenas el 15% de estos artículos eran de carácter cuantitativo.

Otra de las evidencias que señala Benitti (Benitti, 2012) es que la gran mayoría de los casos analizados cuantitativamente y publicados corresponden a actividades fuera del horario escolar (extraescolares, campus de verano, etc). En los pocos casos de integración en el día a día del aula, los investigadores ponen de manifiesto la necesidad de docentes bien preparados para utilizar la robótica, así como la posibilidad de facilitadores para este tipo de actividades.

Según Benitti (Benitti, 2012), el 80% de los casos analizados en educación secundaria con la robótica educativa como herramienta didáctica, corresponden a temas relacionados con la Física y las Matemáticas, y en este último caso, más concretamente con conceptos como distancias, ángulos, fracciones, razones, construcción de gráficas o conceptos geoespaciales

De acuerdo al análisis de la literatura publicada sobre robótica educativa en el aprendizaje de las matemáticas (Zhong & Xia, 2020), la robótica educativa puede ayudar a los estudiantes en la comprensión de conceptos matemáticos, en el cambio de actitud hacia las matemáticas generando motivación, confianza

o mayor compromiso, y por último, en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, pensamiento matemático y habilidades metacognitivas.

Una conclusión interesante que se deriva del análisis mencionado de Zhong y Xia, es que la interacción con robots físicos promueve una involucración más activa de los estudiantes en el aprendizaje de las Matemáticas, y que puede deberse a aspectos tales como la tangibilidad de resultados en el movimiento o la posición del robot (Mandin, De Simone, & Soury-Lavergne, 2017) o como la simple diversión derivada de la interacción con el robot (Keren & Fridin, 2014).

Otra implicación a tener en cuenta es que la utilización de robots puede ayudar a los estudiantes a visualizar cómo se relacionan la abstracción de las Matemáticas con problemas de la vida real. Cuando los estudiantes utilizan sus conocimientos matemáticos para resolver problemas de la vida real desarrollan una experiencia duradera en un contexto social y una mejor actitud hacia el aprendizaje de las Matemáticas (Shankar, Ploger, Nemeth, & Hecht, 2013).

Los contenidos matemáticos cuya enseñanza-aprendizaje se soporta con más frecuencia en robots se pueden dividir en cinco grupos (Zhong & Xia, 2020). Véase Figura 2.

- Geometría y Gráficos (medidas, distancias, ángulos, longitud, vectores...) en el 63% de los casos analizados.
- Números y Álgebra (cálculo, razón, proporción, función, etc.) en el 47% de los casos.
- Práctica y métodos (resolución de problemas y habilidades metacognitivas) en el 32% de los casos.
- Estadística y probabilidad (recolección y análisis de datos, probabilidad) en el 5% de los casos.

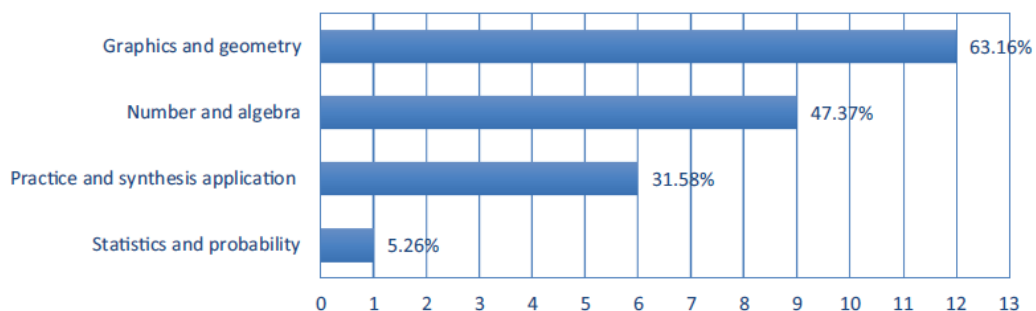


Figura 2. Contenidos matemáticos involucrados (Zhong & Xia, 2020)

En cuanto a la tecnología utilizada (véase Figura 3), la revisión reciente de literatura publicada sobre kits de robótica educativa usados sigue mostrando que más del 50% de las menciones corresponden a la tecnología de Lego Education, aunque ya lejos del 90% que representaban en 2012 (Benitti, 2012) o del 67% de menciones en 2018 (Xia & Zhong, 2018).

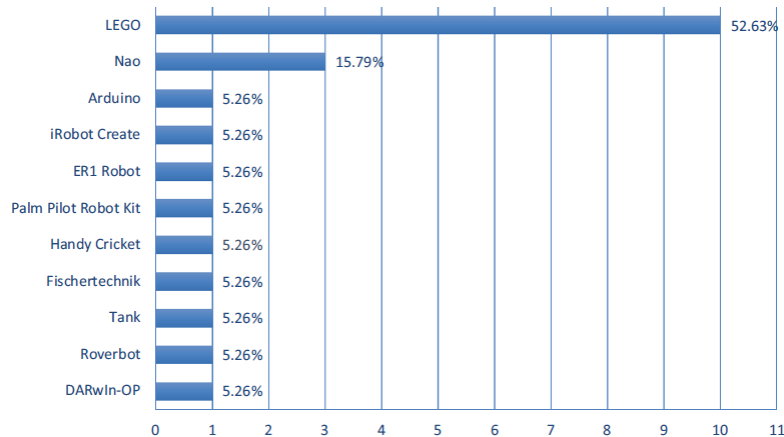


Figura 3. Tipos de robots usados (Zhong & Xia, 2020)

A pesar de que algunos sectores educativos propugnan el uso de robots con tecnologías e interfaces de programación de código abierto, su presencia al menos en la información publicada sigue siendo poco relevante.

En cuanto al sistema educativo español, la investigación realizada como parte del proyecto Escuela de pensamiento computacional (INTEF, 2019) incluye experiencias como el proyecto “Aprende matemáticas (y otras cosas) con el nuevo Scratch3”. Este proyecto inspirado en el currículo de educación Primaria de la Comunidad Foral de Navarra plantea el trabajo de las competencias matemáticas mediante actividades de programación con Scratch para estudiantes de Primaria, pero sin el uso de material de robótica educativa propiamente dicho. El mismo informe menciona el proyecto “Tecnologías creativas con Arduino”, donde sí se usa la robótica educativa o simuladores de robótica, pero con foco específico en transformar la enseñanza de la tecnología a estudiantes de 4º de E.S.O. y Bachillerato. A diferencia del proyecto de Primaria donde sí se plantea el uso de la programación como una herramienta para mejorar el aprendizaje de matemáticas, el resto de experiencias recopiladas y analizadas por el informe del INTEF (INTEF, 2019) sólo mencionan el uso de la robótica educativa en el marco de las materias de Tecnología, y de Tecnología

de la Información y la Comunicación, no como una herramienta transversal para mejorar el aprendizaje de otras materias tales como las Matemáticas.

Puede afirmarse que en el sistema educativo español (Ministerio de Educación Cultura Deporte, 2018), la mayoría de las Comunidades Autónomas incluyen en su currículo de educación secundaria desde asignaturas de robótica y programación a simples contenidos en la asignatura de Tecnología. En Madrid es asignatura de libre configuración autonómica obligatoria desde 1º curso de E.S.O. En el resto, son optativas. Sin embargo, sólo Navarra incluye este tipo de habilidades integrándolas en el área de Matemáticas de los últimos cursos de Primaria. En ese sentido, es destacable que si bien el 65% de los docentes consultados (Ministerio de Educación Cultura Deporte, 2018) considera que el uso de la robótica y la programación debería tener un enfoque transversal en las etapas de educación primaria, apenas el 30% considera que su enfoque deba ser transversal en educación secundaria. El informe mencionado no entra a analizar los motivos de este cambio de visión entre ambas etapas educativas.

En cuanto a los robots más utilizados por los docentes españoles destacan Arduino, Lego (Wedo y Mindstorms), Mbot y Beebot (Ministerio de Educación Cultura Deporte, 2018).

Del análisis de la literatura consultada se concluye, por tanto, que la robótica por sí sola no garantiza una mejora de resultados en el aprendizaje de las Matemáticas, ya que el docente, la actividad y el contexto de aprendizaje juegan también un papel fundamental (Zhong & Xia, 2020). Distintos estudios empíricos recogen algunos factores determinantes para un uso eficaz de la robótica educativa en términos de resultados de aprendizaje de las matemáticas (Xia & Zhong, 2018). Entre ellos podemos destacar los siguientes:

- El rol del profesor, orientando la dinámica en el aula para que el uso de la robótica permita incorporar a la solución los conceptos matemáticos conocidos, y por lo tanto la matematización de la solución, haciendo así a los estudiantes más conscientes de su propio proceso de aprendizaje.
- Gestionar el riesgo de que la novedad de la robótica o su impacto motivacional reduzca el foco en las competencias a adquirir.
- La actitud del docente, apreciando la utilidad y el potencial de la robótica en el aprendizaje de las Matemáticas.

- La preparación del docente en relación a la actividad, y específicamente, su manejo de la programación y su conocimiento de la plataforma de robótica que se utilice, además de una adecuada base pedagógica y didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas.
- Atmósfera creativa y colaborativa.
- Espacios grandes y despejados que incentiven la experimentación.
- Grupos de trabajo no muy grandes (2-3 estudiantes por grupo).
- Que los alumnos relacionen claramente la actividad y el material de robótica con el contenido de las materias que se están impartiendo.
- Impartir lecciones breves sobre un concepto o materia en el momento en el que la actividad puede requerir aplicarlo.
- Software y hardware adecuados para la edad de los estudiantes.
- Diseño de las actividades en cuanto a Contenidos, ámbito contextual, y asignación de tiempo suficiente.
- Organización de las actividades: resolución colaborativa de problemas, gestión del tiempo, demostración y competición.
- Pedagogía de las actividades: tareas cortas y relevantes para los estudiantes, adaptadas al nivel educativo que corresponda, activación previa de conocimientos, contextualización cultural y social de la actividad y de la robótica o realización de preguntas abiertas durante el proceso.
- Preparación y soporte durante la actividad: introducción previa a la robótica, fomentar la colaboración compartiendo ideas y experiencias, gestionar conflictos en los equipos de trabajo, incentivar la creatividad, y proporcionar retroalimentación a los estudiantes.



5. INTERVENCIÓN DIDÁCTICA – “CÍRCULOS QUE CIRCULAN”

5.1. Contexto

Clase de Matemáticas de 1º de E.S.O. en un centro educativo de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Para abordar de un modo práctico algunas de las dificultades analizadas en la literatura publicada, y más concretamente la presencia en el aula de al menos dos docentes que faciliten la gestión de la actividad, la intervención plantea la colaboración entre los departamentos de Matemáticas y de Tecnología. Una vez analizados los currículos de Matemáticas y de Tecnología de 1º curso de E.S.O. en varias Comunidades Autónomas, la Comunidad Autónoma de Madrid incluye en su currículo la materia obligatoria de Tecnología, Robótica y Programación en 1º de E.S.O, que contiene un bloque específico de contenidos de Programación. Por ese motivo, se ha considerado que la existencia explícita de los bloques de Programación y de Robótica en el currículo de Tecnología de la E.S.O en Madrid puede generar un contexto más propicio para una intervención didáctica conjunta de los departamentos de Matemáticas y de Tecnología como la aquí propuesta, al contribuir simultáneamente al desarrollo de sus correspondientes programaciones didácticas.

En otras Comunidades Autónomas donde la asignatura de Tecnología es obligatoria en 1º curso de E.S.O., eventualmente la intervención didáctica conjunta podría ser aplicable, pero dependiendo del desarrollo que el departamento de Tecnología pueda darle al bloque de contenidos de Tecnologías de la Información y Comunicación.

El alumnado proviene de distintos centros de Primaria por lo que, a los cambios propios de la adolescencia, se añaden el cambio de centro educativo, los cambios en el grupo de amigos y compañeros, y los nuevos referentes adultos (docentes).

De entrada, y como es lógico, los estudiantes han creado sus grupos en función del centro educativo de origen. Son una clase poco homogénea desde el punto de vista de competencias cognitivas, personales, emocionales y sociales. Es decir, a la diversidad intrínseca que puede haber en el aula derivada de necesidades especiales del alumnado y/o de factores socio-económicos, se

añade también una importante dispersión en el grado madurativo de los estudiantes. Esto puede constituir una dificultad en la dinámica de las clases por lo que es importante conseguir que a lo largo del curso el conjunto de la clase desarrolle sentimiento de grupo. Bien gestionado, también es una enorme oportunidad si se consigue aprovechar la diversidad de características de los alumnos en favor del desarrollo del grupo.

Los departamentos de Matemáticas y de Tecnología deciden coordinar esfuerzos para aplicar metodologías activas de enseñanza-aprendizaje en algunos de los temas del currículo, para potenciar el sentido de grupo y de pertenencia en los estudiantes de 1º E.S.O., y desarrollar sus capacidades cognitivas, sociales, emocionales y personales en la etapa final de su adolescencia temprana.

Este trabajo propone una intervención didáctica conjunta para la materia de Matemáticas y la de Tecnología, Programación y Robótica en un aula de 1º de E.S.O. de la Comunidad de Madrid, con una temporalización limitada en el tiempo, y que utiliza la robótica como herramienta didáctica para abordar simultáneamente el aprendizaje significativo de los contenidos incluidos en el alcance de la intervención, el desarrollo de las competencias básicas que establece la legislación educativa, la integración de grupo y la diversidad en el aula.

Como se ha visto en los apartados anteriores, la interacción manipulativa con robots genera motivación en los estudiantes, y promueve una involucración activa de los mismos en el aprendizaje de conceptos matemáticos y en la adquisición de competencias matemáticas, tales como el pensamiento analítico o la resolución de problemas. También permite desarrollar la competencia digital de los estudiantes ya que, por definición, la robótica requiere adquirir y aplicar conocimientos de programación. Es así mismo una herramienta adecuada para el desarrollo de competencias metacognitivas del propio aprendizaje (aprender a aprender), y para el desarrollo de competencias sociales y cívicas al permitir relacionar la abstracción de las matemáticas con problemas de la vida real, generando además un entorno de colaboración y trabajo en grupo.

Un enfoque práctico y combinado de contenidos de Matemáticas y de Tecnología (robótica) permite el desarrollo de competencias cognitivas como la

capacidad analítica, la planificación, la creatividad y la toma de decisiones. Ofrece además grandes posibilidades para el aprendizaje cooperativo, ayudando a desarrollar competencias Sociales y Cívicas en los adolescentes, tales como la resolución de conflictos o la tolerancia a la frustración. Genera, en definitiva, un círculo virtuoso de mejora de las competencias cognitivas, sociales y emocionales de los adolescentes, que refuerce aspectos clave en su desarrollo personal tales como la Autoestima, el Autoconcepto, el Autocontrol, la Iniciativa personal o la Responsabilidad.

5.2. Ámbito de la intervención en el aula

De los Contenidos, Criterios de evaluación y Estándares de aprendizaje evaluables que establecen el Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, y su correspondiente desarrollo en el Decreto 48/2015 de 14 de Mayo publicado el 20 de mayo en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM) que establece el currículo de Educación Secundaria Obligatoria para la Comunidad de Madrid, esta intervención en el aula se centra en algunos de los correspondientes a los Bloques 1 (Procesos, métodos y actitudes en matemáticas) y 3 (Geometría) de la materia de Matemáticas, y de los Bloques 1 (Programación) y 2 (Tecnología) para 1º de E.S.O. El detalle de dichos Contenidos, Criterios de evaluación y Estándares de aprendizaje objeto de esta intervención didáctica queda recogido en el Anexo I de este trabajo.

Más concretamente, respecto a la materia de Matemáticas, la intervención didáctica se enmarca en la impartición de las unidades didácticas del Bloque de Geometría correspondientes a Polígonos y circunferencias, y a Perímetros y áreas, mientras que respecto a la materia de Tecnología se enmarca en la impartición de las unidades didácticas correspondientes a Proyectos tecnológicos, y a Herramientas de Programación.

Por otra parte, el diseño de la intervención propuesta toma además en consideración lo visto en los apartados anteriores, especialmente en cuanto a los principales factores que determinan un uso eficaz de la robótica educativa en términos de resultados de aprendizaje de las Matemáticas.

5.3. Objetivos

El objetivo principal de la intervención didáctica es:

- Generar un aprendizaje activo y significativo de la Geometría plana mediante el uso de la robótica, que desarrolle la competencia tecnológica y digital de los estudiantes, generando a la vez una actitud positiva de los estudiantes hacia el aprendizaje de las Matemáticas y de la Tecnología.

Para lograr este objetivo principal, la intervención didáctica persigue obtener los siguientes Objetivos específicos en relación a los Contenidos y Estándares de aprendizaje que establece el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, para el currículo básico del primer curso de E.S.O, y su correspondiente desarrollo en el Decreto 48/2015 de 14 de Mayo, publicado el 20 de mayo en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM) que establece el currículo de Educación Secundaria Obligatoria para la Comunidad de Madrid (Madrid, 2015)

- Reconocer y definir los elementos característicos de los triángulos, trazando los mismos y conociendo la propiedad común a cada uno de ellos, y los clasifica atendiendo tanto a sus lados como a sus ángulos.
- Resolver problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas.
- Calcular la longitud de la circunferencia, el área del círculo, la longitud de un arco y el área de un sector circular, y aplicarlas para resolver.
- Utilizar con destreza un entorno de programación gráfica por bloques.
- Describir las fases y procesos del diseño de proyectos tecnológicos.
- Actuar de forma dialogante y responsable en el trabajo en equipo, durante todas las fases del desarrollo del proyecto técnico.
- Adoptar actitudes favorables a la resolución de problemas técnicos desarrollando interés y curiosidad hacia la actividad tecnológica.
- Analizar y valorar de manera crítica el desarrollo tecnológico y su influencia en el medio ambiente, en la salud y en el bienestar personal y colectivo a lo largo de la historia de la humanidad.

La metodología se ha diseñado además para que el alumnado adquiriera las siguientes competencias básicas que establece el mencionado Real Decreto 1105/2014:

- Comunicación lingüística (CL): esta competencia se trabaja tanto en el ámbito de las matemáticas como en el de la tecnología, incorporando nueva terminología de cada uno de esos ámbitos al vocabulario de los estudiantes. También se trabaja en el ámbito del trabajo en equipo, y en la puesta en común final donde los equipos de trabajo comparten verbalmente su experiencia con el resto de la clase.
- Competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT): los estudiantes realizan un aprendizaje significativo en el manejo de conceptos tales como razón y proporción, y en la resolución de problemas geométricos. Mediante la utilización de robots adquieren además conocimientos y habilidades en el manejo de tecnología electrónica, mecánica e informática.
- Competencia Digital (CD): al utilizar y programar los robots que se usan como soporte de las actividades propuestas, los estudiantes adquieren conocimiento práctico sobre el hardware y el software. Además, a nivel básico, desarrollan destrezas de análisis y programación.
- Competencia Aprender a aprender (AA): se desarrolla a través de la autonomía del alumnado a la hora de abordar los diferentes retos de la actividad, de la aplicación del método de prueba-error y el pensamiento crítico ante los errores, y mediante la matematización de los problemas a resolver.
- Competencias Sociales y Cívicas (CSC): desarrollada por medio del trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo, en una serie de actividades que requieren entrenar la colaboración, el intercambio de ideas, la tolerancia a la frustración y la toma de decisiones.
- Sentido de Iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE): la dinámica de retos y el uso de la robótica educativa ofrecen a los estudiantes un entorno de creatividad que también les incentiva a tomar la iniciativa para conseguir resolver los retos planteados.
- Conciencia y expresiones culturales (CCEC): el intercambio de ideas sobre los posibles usos de las matemáticas y de la robótica, sobre su evolución histórica, y sobre sus beneficios e inconvenientes para la

sociedad actual y futura, permitirán a los estudiantes tomar conciencia y expresar sus inquietudes al respecto.

5.4. Metodología

5.4.1. *Criterios de diseño*

Los criterios de diseño de la intervención didáctica han tenido en cuenta los principales factores determinantes para un uso eficaz de la robótica educativa en términos de resultados de aprendizaje de las matemáticas, de acuerdo a lo visto en apartados anteriores:

- Las actividades deben fomentar el aprendizaje activo mediante el uso de un material manipulativo como es la robótica, con actividades organizadas hacia la resolución de problemas, y el desarrollo de la competencia digital, en un entorno cooperativo y competitivo.
- Se debe fomentar la colaboración, incentivar la creatividad, y proporcionar retroalimentación mediante la realización de preguntas abiertas.
- Las actividades se deben desarrollar de forma que los alumnos relacionen claramente la actividad y el material de robótica con el contenido de las materias que se están impartiendo (Matemáticas y Tecnología).
- La diversidad en el aula se debe tener mediante distintos grados de dificultad de las actividades y aprovechando las distintas destrezas de los estudiantes en grupos de aprendizaje cooperativo.
- Realizar una introducción previa a la plataforma de robótica que se vaya a utilizar para gestionar el riesgo de que la novedad reduzca el foco en las competencias a adquirir.
- Realizar una activación de conocimientos al principio de cada sesión, o en el momento adecuado en el que la actividad lo requiera.
- Supervisar por parte del docente que el uso de la robótica incorpore los conceptos matemáticos conocidos, y por lo tanto la matematización de la solución, haciendo así a los estudiantes conscientes de su aprendizaje de Matemáticas. Se trata de evitar que el uso continuado del método de prueba-error, eclipse la matematización de la solución.

- Actividades cortas y relevantes para los estudiantes, adaptadas al nivel educativo de 1º curso de E.S.O., con una contextualización de la actividad y de la robótica.
- Los docentes involucrados deben apreciar la utilidad y el potencial de la robótica en el aprendizaje de las Matemáticas, contar con conocimiento suficiente de la plataforma de robótica, y tener una base pedagógica y didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas.
- Aula o espacio lo más amplio posible que permita la utilización de ordenadores y a su vez incentive la experimentación con los robots.
- Grupos de trabajo no muy grandes (2-3 estudiantes por grupo).
- Software y hardware adecuados para la edad de los estudiantes.

5.4.2. *Metodología del alumnado*

Contextualización social: el contexto de la actividad es entrenar a un robot sencillo que, en un futuro, permita diseñar un complejo exoesqueleto robótico para niños como el que se muestra a los estudiantes con un vídeo en la primera sesión. Este tipo de contexto, además de desarrollar competencias cívicas y sociales, pretende activar el interés de todos los estudiantes del aula, incluidos aquellos con menor interés por la tecnología, pero mayor interés por temas sociales.

Dinámica de Gamificación: La intervención didáctica se plantea como una sucesión de tres retos. Cada reto o actividad permite conseguir elementos para poder customizar o decorar el robot. Los primeros cinco equipos que terminan un reto correctamente pueden conseguir hasta diez piezas (el primero en acabar consigue diez piezas; el segundo, ocho; y así sucesivamente hasta el quinto que consigue dos piezas. Al finalizar cada sesión, los docentes podrán premiar a dos equipos más con piezas para personalizar el robot, en función de criterios como la calidad del trabajo en equipo o la colaboración en el aprendizaje entre pares o entre equipos.

Se asigna un tiempo máximo de 40 minutos para cada reto, de forma que los cinco minutos iniciales de cada periodo lectivo se dediquen a Activar conocimientos, los diez minutos finales a recopilar en una ficha el trabajo realizado y a recoger el material.

Puesto que la evaluación es un factor de motivación extrínseca muy importante para los estudiantes, cada Reto supondrá hasta 0.5 puntos de la evaluación sumativa de Matemáticas con un máximo de 1,5 puntos por los tres retos. Igualmente, cada Reto supondrá hasta 0.5 puntos de la evaluación sumativa de Tecnología con un máximo de 1,5 puntos. En la evaluación de cada Reto, se tendrá en cuenta la calidad del proceso seguido para su resolución, y la calidad del aprendizaje cooperativo del equipo de trabajo. Ambos criterios pueden suponer hasta el 50% de los 1,5 puntos en juego en cada materia. En el apartado Evaluación se adjuntan las rúbricas para la evaluación de la actividad.

Los tres primeros equipos en terminar con éxito los tres retos, tendrán un reconocimiento adicional que dependiendo de la dinámica del centro puede ir desde hacer una demostración en jornadas internas y/o con familias que organice el centro, participar en algún evento externo, conseguir un diploma de reconocimiento o algún otro tipo de reforzador (cambio de sitio en el aula, tiempo extra de recreo, poder elegir sitio en el autobús en la próxima excursión...).

En cualquier caso, se debe crear una atmósfera creativa y colaborativa, por lo que también habrá premios o reconocimientos al mejor trabajo en equipo, al equipo más colaborador con el resto, y a las mejores ideas durante la actividad. Todo ello orientado a reconocer el desarrollo de las competencias sociales y cívicas, la iniciativa y espíritu emprendedor o la capacidad de aprender a aprender manifestada por los estudiantes.

Dinámica de Aprendizaje cooperativo: Se formarán equipos de un máximo de tres (3) estudiantes seleccionados previamente por los docentes, de forma que se asegure la diversidad de perfiles y competencias en cada equipo. Cada estudiante tendrá un rol inicialmente asignado que irán rotando a lo largo de los tres retos: un/a matemático/a, un/a ingeniero/a robótico y un/a coordinador/a de actividades y portavoz del equipo para consultar con otros equipos, previo permiso de los docentes.

Cada equipo debe elegir un nombre de competición para ellos mismos y para su robot de trabajo, de forma que se genere un sentido mayor de pertenencia y responsabilidad compartida.

Será responsabilidad de cada equipo mantener en perfectas condiciones su material de trabajo, y que los kits de robótica y las hojas de anotaciones de cada equipo queden recogidos al final de cada sesión en el lugar indicado para ello.

Dependiendo de la distribución física de mesas del aula, los docentes evaluarán la posibilidad de reubicarlas para facilitar el trabajo en equipo y la experimentación con los robots.

La calidad del trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo, se incluyen en la evaluación de la actividad. En el apartado correspondiente a la Evaluación se incluye la rúbrica que fija los criterios para evaluar el aprendizaje cooperativo, teniendo en cuenta el desempeño de cada equipo en aspectos tales como el aprendizaje entre pares, la creatividad, la iniciativa, el análisis, la planificación, la toma de decisiones o la resolución de conflictos.

5.4.3. Metodología del docente

Para facilitar la gestión de las actividades en el aula se ha planteado una intervención didáctica conjunta de Matemáticas y Tecnología de forma que en cada sesión haya dos docentes: un docente de Matemáticas, y un docente de Tecnología.

Cada docente tendrá asignada la supervisión de un máximo de quince estudiantes divididos en cinco (5) equipos de trabajo, que se repartirán antes del inicio de la actividad. Si el grupo es superior a 30 alumnos, sería conveniente contar con un tercer facilitador, de forma que cada adulto en el aula pueda supervisar un máximo de cuatro o cinco equipos.

La intervención propuesta requiere una importante coordinación y preparación previa de la misma por parte de los Departamentos y de los docentes involucrados, en cuanto a contenidos, preparación del material y agrupamientos de los equipos de trabajo. También requiere un análisis previo de las principales dificultades y problemas que pueden aparecer durante el desarrollo de la actividad, para tener preparadas alternativas o soluciones en caso de que se produzcan.

Durante el desarrollo, el rol de los docentes será fundamentalmente de facilitador y orientador frente a las dificultades que experimenten los alumnos a lo largo de la actividad. Requerirá además intervenciones que eviten el riesgo de

que la novedad del uso de la robótica y la tentación de “hacer sin pensar”, eclipse la necesidad de matematización de los problemas planteados.

Se supervisará la calidad del trabajo en equipo y del aprendizaje cooperativo, incluida la adopción y rotación de roles en los equipos de trabajo.

5.5. Atención a la Diversidad en el aula

La intervención didáctica propuesta sigue una filosofía inclusiva de atención a la diversidad. Todos los estudiantes participan en pequeños equipos heterogéneos, aportando sus capacidades y aprendiendo de las de los demás. Adicionalmente, la presencia en el aula de dos docentes, y eventualmente de un tercer adulto, permite una gestión más individualizada de aquellos alumnos con necesidades especiales que requieran un mayor soporte durante el desarrollo de la actividad.

La utilización de la robótica, por su naturaleza manipulativa y experimental permite adaptar la dinámica de la actividad propuesta a las distintas capacidades y grados de desarrollo madurativo de los estudiantes, así como a sus distintos tipos de aprendizaje. Por otra parte, el agrupamiento en equipos de aprendizaje cooperativo con estudiantes de perfiles heterogéneos puede potenciar el aprendizaje basándose precisamente en la diversidad de capacidades y destrezas de los miembros del equipo.

El diseño de las actividades incorpora, en cada reto, cuestiones de diversos y progresivos grados de dificultad que pueden ser respondidas por estudiantes con distintas capacidades de aprendizaje, incluidas las propias del alumnado de altas capacidades.

Al priorizar lo visual sobre lo escrito, al permitir la observación inmediata de resultados e incluso la prueba y error reiterada, la actividad propuesta se adecúa también a estudiantes con necesidades especiales específicas. Sería el caso de alumnos con diagnóstico TDAH, a los que el uso de la robótica en la actividad les permite desarrollar la concentración y la capacidad de observación, a la vez que les da cierta libertad de movimientos en la búsqueda y montaje de piezas, o en la manipulación del robot durante las pruebas para verificar si se ha resuelto el problema planteado.

5.6. Esquema y Secuenciación de las Actividades

La intervención se realiza en seis (6) sesiones de 55 minutos, de las que cuatro (4) corresponden al horario lectivo de Matemáticas y dos (2) al horario de Tecnología.

La temporalización puede variar en función de la Programación didáctica de Matemáticas y de Tecnología, pero podría realizarse durante el tercer trimestre o después de haberse impartido la unidad didáctica de Proporcionalidad numérica.

- Sesión 1: Introducción de la actividad e Introducción a la robótica.
- Sesión 2: Razón y Proporción. Programación por bloques. Reto 1.
- Sesión 3: Circunferencia y Círculo. Longitud de la Circunferencia. Programación por bloques. Reto 2.
- Sesiones 4 y 5: Perímetro de figuras planas. Perímetro del Triángulo. Tipos de triángulos. Programación por bloques.
- Sesión 6: Demostración de resultados y puesta en común.

Como soporte al desarrollo de las sesiones van a utilizar una presentación en Powerpoint para usar a lo largo de las seis sesiones, especialmente en las actividades de activación de interés, activación de conocimientos y revisión de conocimientos adquiridos. Ver Anexo II.

En la sesión 1, se utiliza además un vídeo del CSIC sobre el desarrollo de un exoesqueleto andante para niños como Álvaro, con el objetivo específico de atender a la diversidad del aula, y activar el interés de los alumnos y alumnas con mayor sensibilidad a los temas de ámbito social. El enlace al vídeo se incluye en la presentación mencionada.

Sesión 1: Introducción a la Actividad y a la Robótica

- Agrupamientos de los estudiantes por equipos para el aprendizaje cooperativo, de acuerdo a las asignaciones decididas por los docentes.
- Activar el interés y generar motivación en el aula atendiendo a la diversidad de intereses de los estudiantes, mediante una pregunta abierta: ¿Qué es un Robot? Se presentan diversos tipos de robots que puedan generar interés tanto para los alumnos como para las alumnas, incluyendo un vídeo del CSIC sobre el desarrollo de un exoesqueleto para Álvaro y otros niños con atrofia muscular espinal. Ver Figura 4.

Qué es un Robot

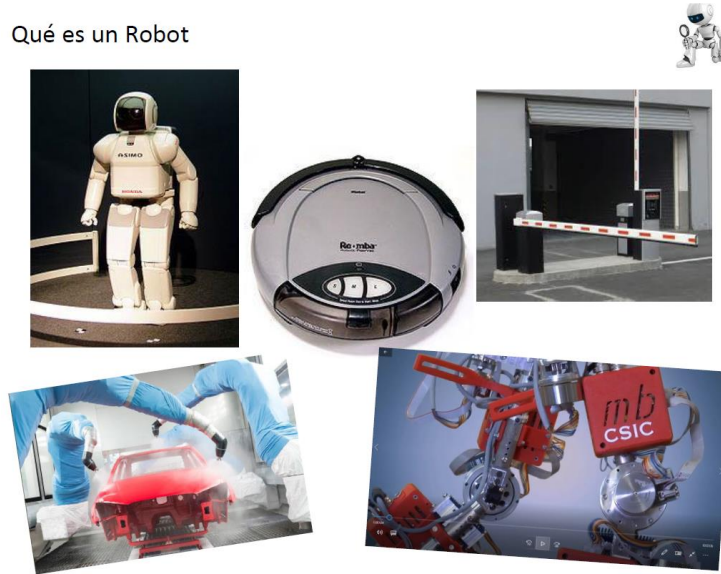


Figura 4. Activación de interés. Roomba (*iRobot*), Asimo (*American Honda Motor Co*) y Exoesqueleto (*C.S.I.C.*)

- Explicar al alumnado la Actividad a realizar, su contexto y las reglas de juego: número de retos, tiempo asignado, aprendizaje cooperativo, criterios de evaluación y normas en el aula.
- Asignación inicial de roles por equipo, mediante una ficha marcada con un color o una inicial del rol. Elección de nombres del equipo y del robot.
- Recogida del material: un kit de robótica educativa de Lego Education Mindstorms EV3 por cada equipo. Para no invertir una sesión completa en la construcción de la base motriz del robot, se usará una base motriz sencilla semi-montada.
- Introducción a la robótica y al material que se va a utilizar: se introducen los principales conceptos y nueva terminología tecnológica sobre robótica que deben manejar los alumnos en las siguientes sesiones (procesador, motores, sensores, lenguaje de programación, etc.) a la vez que los estudiantes exploran el material que van a utilizar (robots y entorno de programación). Ver Figura 5

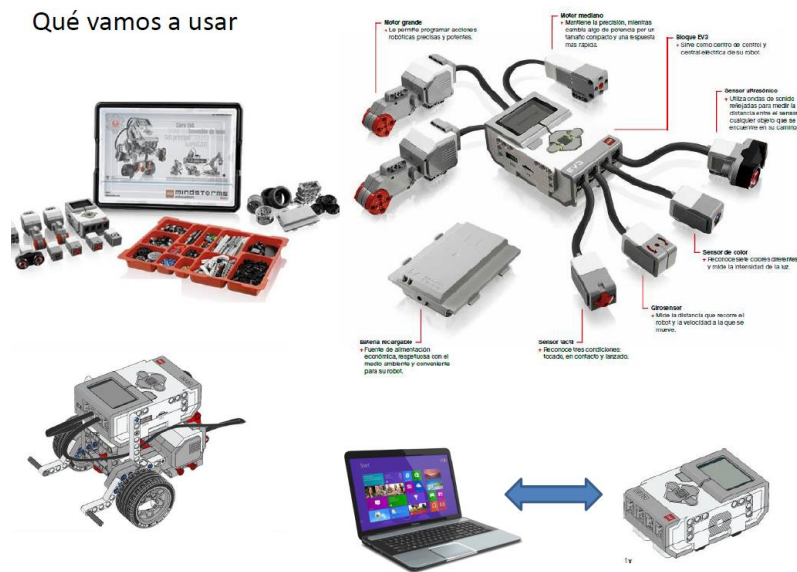


Figura 5. Introducción a la Robótica. Lego Mindstorms Education EV3

- Terminar de montar la base motriz del robot añadiendo el bloque procesador, las ruedas y los cables que conectan el bloque procesador con los motores. Ver Figura 6.

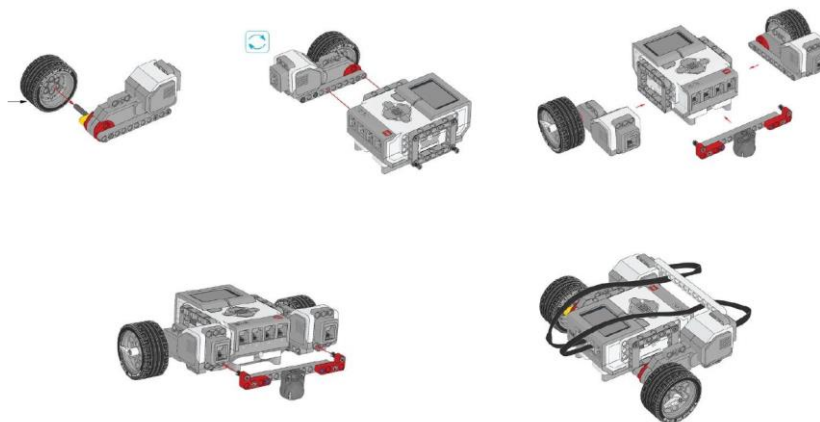


Figura 6. Montaje Base motriz. Lego Mindstorms Education EV3

- Cada equipo recoge el material y lo deposita en su lugar de almacenaje.

Sesión 2: Razón y Proporción. Programación por bloques. Reto 1

- Asignación de roles a cada miembro de los equipos, mediante la Ficha de colores correspondiente.
- Activación de conocimientos: Razón entre dos magnitudes y Proporción. Véase Figura 7.

RETO 1

RAZÓN

- **RAZÓN:** Relación entre 2 magnitudes que se pueden medir

Se escribe $\frac{a}{b}$

- Ejemplos:

$$\frac{\text{Cantidad que arrastra un animal (Kg)}}{\text{Peso del animal (Kg)}}$$

En una casa viven 4 personas y gastan 200 litros de agua al día. Escribe la razón:

$$\frac{\text{litros de agua que consumen}}{\text{nº personas que viven en la casa}} = \frac{200}{4}$$

PROPORCIÓN

- Si dos razones son iguales, forman una PROPORCIÓN

Se escribe $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$

- En una Proporción, se cumple que:

$$a \cdot d = b \cdot c$$

- Si en una Proporción, conocemos sólo 3 valores, podemos calcular el que no conocemos:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{x} ; a \cdot x = b \cdot c ; x = \frac{b \cdot c}{a}$$

- El cociente de la razón $\frac{a}{b} \Rightarrow$ Constante de Proporcionalidad

Figura 7. Activación de conocimientos. Razón y Proporción

- Reto 1: a) conseguir que el robot camine recto haciendo girar sus ruedas una vuelta completa; b) calcular cuál es la Razón entre la *Distancia recorrida al girar la rueda una vuelta*, y el *Diámetro de la rueda*; c) ¿qué elementos del robot has usado para conseguir que ande?; opcional) averiguar si la Distancia recorrida y el Diámetro forman una Proporción.
- Comenzar a trabajar con la base motriz montada en la sesión anterior. Véase Figura 8.

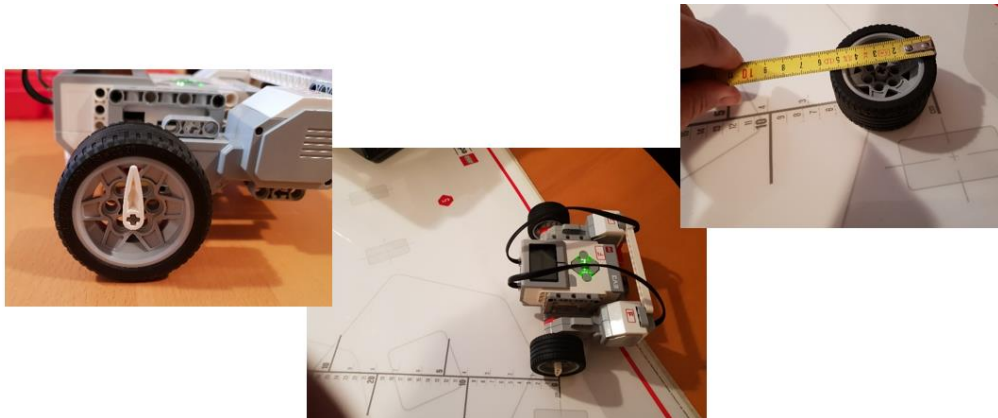


Figura 8. Matemáticas y Robótica

- Apartado a): aprenden a programar practicando. Al ser la primera vez que programan el robot, se les guía para abrir el entorno de programación, que codifiquen un programa básico que mueva al robot en línea recta hacia adelante, utilizando el parámetro *#rotaciones*. Véase Figura 9

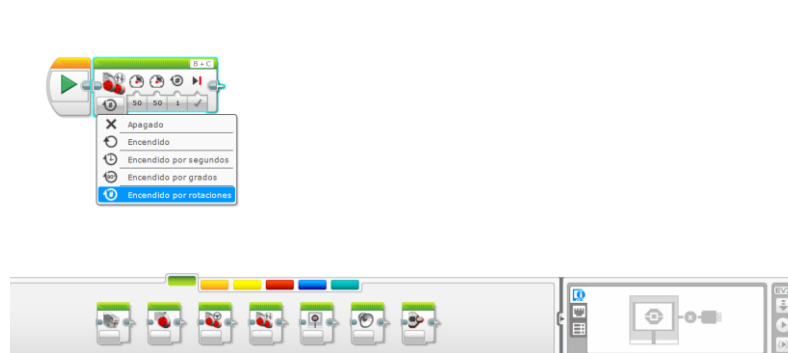


Figura 9. Programación por bloques

- Poner nombre al programa, practicar la carga del programa en el bloque procesador del robot, y su ejecución. Observar el resultado.
- Apartado b): tomar nota en la hoja de observaciones del docente sobre cómo plantean los equipos la respuesta a esta pregunta. En los equipos con dificultades, plantear preguntas abiertas del tipo: ¿qué magnitudes tengo que medir para averiguar la razón entre Distancia recorrida y Diámetro de la rueda? ¿Puedo repetir el movimiento del robot y anotar la Distancia recorrida? ¿Cuánto mide el diámetro de la rueda?
- Apartado c): se trata de activar, mediante una pregunta abierta, los conocimientos y la nueva terminología sobre tecnología robótica impartidos en la sesión anterior.
- Apartado opcional): atendiendo a la diversidad de los ritmos de aprendizaje en el aula, se pueden tener preparadas preguntas del tipo: ¿qué ocurre si se cambia la velocidad del robot (potencia del motor)? ¿cambia la razón?
- ¿cambiará la relación entre Distancia y Diámetro si se utiliza una rueda de mayor diámetro? Los estudiantes pueden sustituir las ruedas por otras de diámetro mayor y anotar qué ocurre. ¿la razón Distancia mayor/Diámetro mayor es igual que la razón Distancia menor/diámetro menor?
- Cada equipo tiene que completar la Ficha respondiendo a las preguntas del Reto 1.
- Cada equipo recoge el material, y lo deposita en su lugar de almacenaje.

Sesión 3: Circunferencia y Círculo. Longitud de la Circunferencia.

Programación por bloques. Reto 2

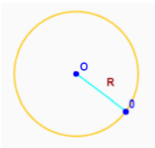
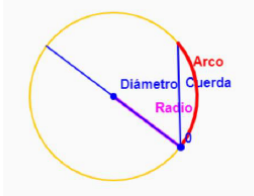
- Asignación de roles a cada miembro de los equipos, mediante la Ficha de colores correspondiente. Se rotará respecto a la sesión anterior.

- Activación de conocimientos: Circunferencia y sus elementos. Círculo. Longitud de la Circunferencia. Véase Figura 10.

RETO 2

CIRCUNFERENCIA y sus ELEMENTOS

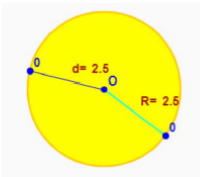
Línea Plana y Cerrada en la que todos los puntos están a la misma distancia de un punto O que se llama Centro de la circunferencia

CÍRCULO

Es la región plana encerrada por una Circunferencia. Está formado por la circunferencia y todos los puntos interiores a ella.

La Circunferencia es la "frontera" del Círculo



LONGITUD DE LA CIRCUNFERENCIA

- ¿Qué vimos con los robots?

La Distancia recorrida al dar 1 vuelta = Longitud de la Circunferencia

Al dividir la Distancia de 1 vuelta entre el Diámetro, siempre se obtenía un número (PI):

$$\pi = 3,1415926 \dots$$

$$\frac{\text{Longitud recorrida}}{\text{Diámetro}} = \pi$$

- La Longitud de la Circunferencia cuando el radio es R:

$$L = \pi \cdot D = 2 \cdot \pi \cdot R$$

Figura 10. Activación de Conocimientos: Circunferencia y Círculo

- Reto 2: programar el robot para que recorra 1 metro en línea recta. Pero el robot está bajo de batería y no tenemos cómo cargarlo, por lo que solo se van a poder hacer 3 pruebas hasta conseguir el reto.
- Recordar a los estudiantes cómo se abre el entorno de programación, y cómo se abre el programa de la sesión anterior en la que ya hicieron moverse al robot.
- Este reto plantea una dinámica de Resolución de problemas, ya que en el robot no se puede programar la distancia a recorrer, sino el número de vueltas que deben dar las ruedas.
- Lo previsible es que los estudiantes se lancen a modificar el programa realizado el día anterior, y a comprobar qué cambios los acercan al resultado pedido (recorrido de 1 metro). En aras a lograr un aprendizaje activo, la aplicación del método de prueba y error durante un número limitado de veces puede ser positivo. Si además se les sugiere que tomen nota de los cambios que introducen en el programa y de los resultados

obtenidos, pueden desarrollar parcialmente sus competencias en ciencias (experimentación), pero no necesariamente sus competencias matemáticas o su competencia digital.

- Para trabajar las competencias matemáticas, el reto establece un límite al número de ensayos de prueba-error (máximo 3 pruebas porque la batería se está acabando), de forma que se incentive a los estudiantes a utilizar sus conocimientos sobre Longitud de la circunferencia, y sobre unidades de medida; en definitiva, a matematizar la solución antes de codificarla y probarla en el robot, y a lograr un aprendizaje significativo sobre los conceptos matemáticos aprendidos.
- En este reto, es importante el rol de los docentes para dirigir a los equipos hacia la matematización de la solución, no simplemente a la consecución del reto por prueba y error. Véase Figura 11. Para ello pueden usarse preguntas abiertas como: si las ruedas dan una vuelta, ¿qué distancia recorre el robot? o ¿qué relación hay entre la distancia recorrida y el diámetro de las ruedas?

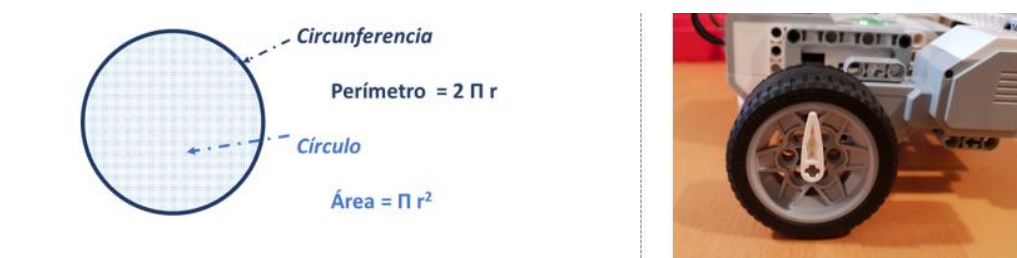


Figura 11. Matematizando la solución

- Una vez calculada la solución matemática (número de rotaciones de las ruedas que se necesitan para recorrer 100 cm.), los estudiantes tienen que usar el dato calculado en el programa. Y además cargar las modificaciones en el bloque procesador, y comprobar el resultado. De este modo, además de lograr un aprendizaje significativo de conceptos de Matemáticas aplicados a una situación real, desarrollan su competencia Digital. Véase Figura 12.



Figura 12. Desarrollando la competencia digital

- Para resolver el problema, los estudiantes habrán seguido un proceso más o menos consciente de Resolución de problemas: análisis de la situación, selección y relación entre los datos, selección de las estrategias de resolución, análisis de las soluciones, y verificación del resultado. Los docentes pueden ayudar a los alumnos a tomar conciencia de ese proceso, y por lo tanto, a desarrollar su propia competencia de aprender a aprender.
- Atendiendo a la diversidad en el aula, para los equipos que vayan más avanzados, se pueden plantear preguntas del tipo: ¿qué ocurre si ponemos el motor a máxima potencia? ¿y si cambiamos las ruedas por otras de distinto radio?
- Cada equipo debe completar la Ficha del Reto 2: a) cuánto mide el diámetro de las ruedas que has usado? ¿y el radio?; b) ¿cuál es la longitud de la circunferencia de las ruedas?; c) ¿cómo has conseguido que el robot ande 1 metro?; d) ¿cuántas veces has tenido que programar el robot hasta conseguirlo?; e) calcula el área del círculo frontal de la rueda
- Cada equipo recoge el material, y lo deposita en su lugar de almacenaje.

Sesiones 4 y 5: Tipos de Triángulos. Perímetro y Área del Triángulo.

Programación por bloques. Reto 3

- Asignación de roles a cada miembro de los equipos, mediante la Ficha de colores correspondiente. Se rotará respecto a la sesión anterior.
- Activación de conocimientos: Tipos de triángulos. Perímetro y área del Triángulo. Véase Figura 13.

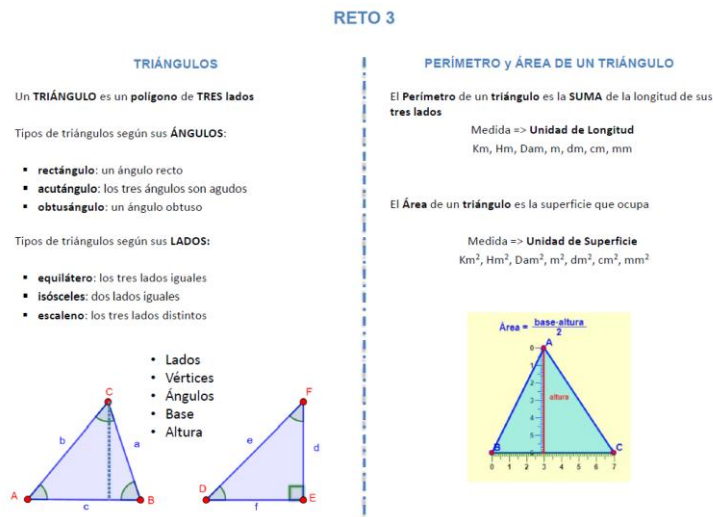


Figura 13. Activación de conocimientos. Triángulos y sus características

- Reto 3: Montar un robot porta-rotuladores y conseguir que dibuje un triángulo rectángulo isósceles cuyos dos catetos midan 35 cm. Al robot le colocaremos un giroscopio para que le ayude a girar los grados correctos. Véase Figura 14.

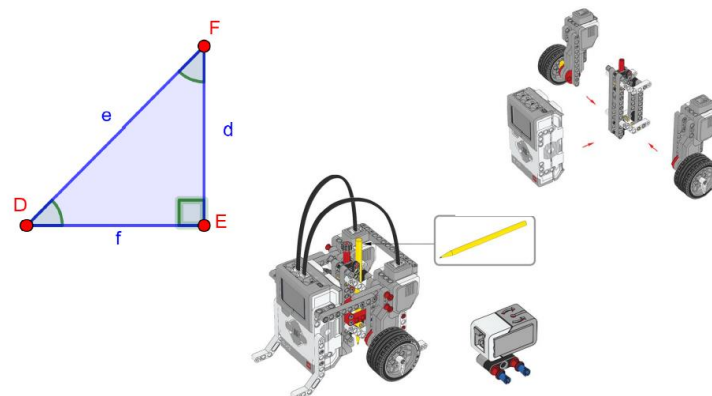


Figura 14. Construir un robot que dibuje. Lego Mindstorms EV3 Education

- El montaje del robot porta-rotuladores, incluido sensor giroscópico, se divide en tres partes, de forma que cada miembro del equipo monte una parte. El ensamblaje final se hace conjuntamente. El tiempo total de montaje puede suponer 30 minutos.
- Igual que en la sesión anterior, también se debe incentivar a los estudiantes a trabajar las competencias matemáticas y a utilizar sus conocimientos matemáticos sobre Longitud de la circunferencia, y sobre las características de los Triángulos en función de sus ángulos y sus lados, para matematizar la solución antes de codificarla y probarla en el robot.

- En esta actividad se ha optado por utilizar un sensor giroscópico que haga más sencilla la resolución matemática del problema, ya que será el giroscopio el que se encarga de detectar cuándo se ha alcanzado el ángulo de giro deseado. También se podría matematizar la solución, porque conociendo el diámetro de la rueda y la distancia entre ejes del robot, puede calcularse la longitud del arco correspondiente a 90° (y a 45°), y por lo tanto, las rotaciones de una rueda que deben programarse para girar 90° . No obstante, esta solución sería más recomendable para otros niveles superiores de E.S.O.
- Se finaliza la sesión 4, respondiendo a las dos primeras preguntas de la Ficha del Reto 3: a) calcula las dimensiones del triángulo rectángulo que tienes que dibujar; b) ¿cuáles son los ángulos del triángulo que tienes que dibujar?
- Una vez identificada la solución matemática (número de rotaciones de las ruedas que se necesitan para recorrer 35 cm y los ángulos de giro en cada vértice del triángulo rectángulo isósceles), los estudiantes tienen que usar los datos y codificar el programa. Véase Figura 15.

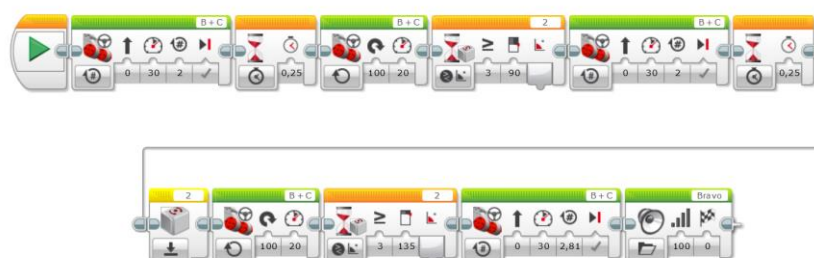


Figura 15. Codificando la solución matematizada

- En este caso, la programación por bloques incluirá dos bloques de control de tipo bucle que controla el giro hasta conseguir el ángulo deseado.
- Cada equipo tiene que completar la Ficha respondiendo a las preguntas del Reto 3: a) calcula las dimensiones del triángulo rectángulo que tienes que dibujar; b) ¿cuáles son los ángulos del triángulo que tienes que dibujar?; c) ¿cómo programas el robot para que dibuje un cateto de 35 cm?; d) ¿cómo has conseguido que el robot gire los grados necesarios en cada vértice?; e) ¿cómo has programado el robot para que dibuje la hipotenusa?
- Cada equipo recoge el material, y lo deposita en su lugar de almacenaje.

Sesión 6: Demostraciones y Puesta en común

- Cada equipo tiene diez (10) minutos para personalizar su robot con las piezas que han ido ganando a lo largo de la actividad.
- Durante el resto de la sesión, cada equipo presentará brevemente a su robot y tendrá 2 minutos para compartir dos o tres ideas sobre la actividad: lo que más les ha gustado, lo que menos, qué ha sido más fácil o difícil, ideas nuevas para la próxima vez, qué han aprendido de sus compañeros, cómo han gestionado las diferencias de opinión en el grupo, etc. Véase Figura 16.

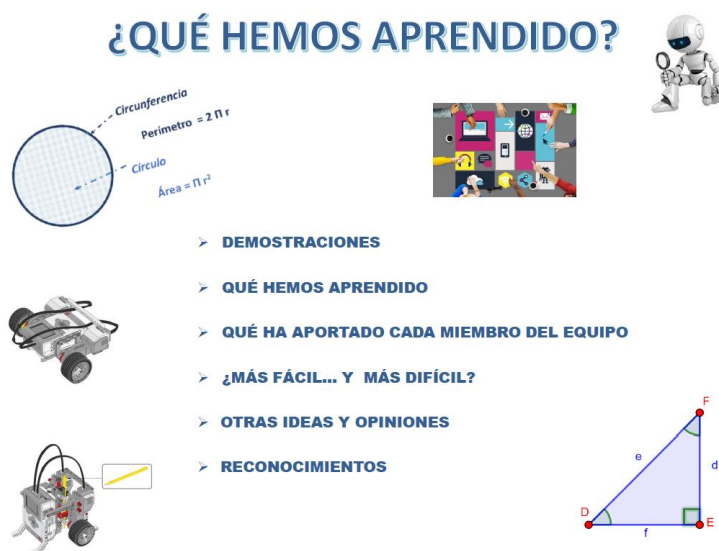


Figura 16. Puesta en común. Reconocer lo aprendido y su valor

- Los docentes moderarán la puesta en común e incentivarán la participación verbal de todos los equipos y estudiantes.
- Se destacará el valor social y ético de lo conseguido “entrenando” a un robot para futuras tareas más complejas como la del exoesqueleto para Álvaro y otros niños con atrofia muscular espinal
- Se entregarán las recompensas o reconocimientos adicionales obtenidos durante el juego (diplomas, sitio preferente en el autobús en la próxima excursión, tiempo extra de recreo, etc.)

5.7. Evaluación

La intervención propuesta cubre los distintos componentes de Evaluación. Se realiza una Evaluación Diagnóstica mediante actividades de activación de conocimientos, al principio de varias de las sesiones.

Tiene también una fuerte componente de Evaluación Formativa ya que permite a los docentes observar en cada sesión qué conceptos o destrezas necesitan algún tipo de refuerzo en todos o en la mayoría de los estudiantes.

La dinámica de aprendizaje activo, el aprendizaje cooperativo, la observación tangible mediante el robot de los resultados obtenidos, y la actividad final de puesta en común, permite a los estudiantes la Autoevaluación sobre sus competencias.

Por último, la intervención didáctica tiene muy en cuenta que la evaluación Sumativa es un factor de motivación extrínseca muy importante para los estudiantes. Por ese motivo, se hace explícita para los estudiantes el valor de cada Reto para la evaluación del trimestre correspondiente, tanto de la materia de Matemáticas como de Tecnología. La consecución de cada Reto supondrá 0.5 puntos de la evaluación sumativa de Matemáticas hasta un máximo de 1,5 puntos por los tres retos. Igualmente, cada Reto supondrá 0.5 puntos de la evaluación sumativa de Tecnología hasta un máximo de 1,5 puntos. En la evaluación de cada Reto, se tendrá en cuenta la calidad del proceso seguido para su resolución, y la calidad del aprendizaje cooperativo del equipo de trabajo. Ambos criterios pueden suponer hasta el 50% de los 1,5 puntos en juego.

A continuación, se adjuntan las rúbricas para la evaluación de la actividad.



RÚBRICA DE EVALUACIÓN - CÍRCULOS QUE CIRCULAN - MATEMÁTICAS 1º E.S.O.

ALUMNO/A:

CONTENIDOS BLOQUE 1	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Instrumentos	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE			PUNTUACIÓN	COMPETENCIAS						
			0	0,1	0,2		1	2	3	4	5	6	7
Planificación del proceso de resolución de problemas: Estrategias y procedimientos puestos en práctica. Reflexión sobre los resultados	Expresar verbalmente, de forma razonada el proceso seguido en la resolución de un problema. Utilizar procesos de razonamiento y estrategias de resolución de problemas, realizando los cálculos necesarios y comprobando las soluciones obtenidas	Fichas Reto 1, Reto2 y Reto 3	Expresa con dificultades el proceso seguido en la resolución de los problemas. Analiza y comprende solo con ayuda el enunciado del problema y lo relaciona con la solución del problema. No realiza estimaciones ni elabora conjeturas sobre el resultado. De manera guiada , reflexiona sobre el proceso seguido	Expresa con algunas imprecisiones el proceso seguido en la resolución de los problemas. Analiza y comprende con ayuda ocasional el enunciado del problema y lo relaciona con la solución del problema. De manera guiada , reflexiona sobre el proceso seguido	Expresa de forma razonada y con precisión el proceso seguido en la resolución de los problemas. Analiza y comprende de forma autónoma el enunciado del problema y lo relaciona con la solución del problema. Reflexiona sin ayuda sobre el proceso seguido								
Planteamiento de investigaciones matemáticas escolares en contextos numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos y probabilísticos: Práctica de los procesos de matematización en contextos de la realidad y en contextos matemáticos. Confianza en las propias capacidades para desarrollar actitudes adecuadas y afrontar las dificultades propias del trabajo científico	Desarrollar procesos de matematización en contextos de la realidad cotidiana (numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos o probabilísticos) a partir de la identificación de problemas en situaciones problemáticas de la realidad. Desarrollar y cultivar las actitudes personales inherentes al quehacer matemático.		Establece con dificultad relaciones entre un problema del mundo real y los conocimientos matemáticos necesarios para resolverlo. No realiza simulaciones y predicciones. Casi nunca muestra una actitud de esfuerzo, perseverancia, flexibilidad y aceptación de la crítica razonada. Distingue con dificultad entre problemas y ejercicios y necesita ayuda frecuente para adoptar la actitud adecuada en cada caso.	Establece con ayuda ocasional relaciones entre un problema del mundo real y los conocimientos matemáticos necesarios para resolverlo. Realiza a sugerencia del docente estimaciones y elabora conjeturas sobre el resultado. Muestra con frecuencia una actitud de esfuerzo, perseverancia, flexibilidad y aceptación de la crítica razonada. Distingue entre problemas y ejercicios pero necesita ayuda ocasional para adoptar la actitud adecuada en cada caso.	Establece de forma autónoma relaciones entre un problema del mundo real y los conocimientos matemáticos necesarios para resolverlo. Realiza por iniciativa propia estimaciones y elabora conjeturas sobre el resultado. Muestra de manera permanente una actitud de esfuerzo, perseverancia, flexibilidad y aceptación de la crítica razonada. Distingue entre problemas y ejercicios y adopta la actitud adecuada para cada caso.								
Utilización de medios tecnológicos para: Facilitar la comprensión de propiedades geométricas o funcionales, y la realización de cálculos. Comunicar y compartir, en entornos apropiados, la información y las ideas matemáticas			Recrea solo con ayuda entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas. Casi nunca utiliza los recursos disponibles para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula. Usa con dificultad y solo a sugerencia del docente , los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, analizando puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.	Recrea con algunas imprecisiones entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas. Utiliza con frecuencia los recursos disponibles para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula. Usa con alguna frecuencia los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, analizando puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.	Recrea con precisión entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas. Utiliza siempre los recursos disponibles para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula. Usa correctamente y a iniciativa propia los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, analizando puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.								

Min:0 Máx: 0,6



RÚBRICA DE EVALUACIÓN - CÍRCULOS QUE CIRCULAN - MATEMÁTICAS 1º E.S.O.

ALUMNO/A:

ALUMNO/A:			ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE			COMPETENCIAS							
CONTENIDOS BLOQUE 3	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Instrumentos	0	0,1	0,2	PUNTUACIÓN	1	2	3	4	5	6	7
<p>- Elementos básicos de la geometría del plano. Relaciones y propiedades de figuras en el plano: Paralelismo y perpendicularidad. Ángulos y sus relaciones.</p> <p>- Figuras planas elementales: triángulo, cuadrado, figuras poligonales. Clasificación de triángulos y cuadriláteros. Propiedades y relaciones.</p> <p>- Cálculo de áreas y perímetros de figuras planas: Circunferencia, círculo, arcos y sectores circulares. Uso de herramientas informáticas para estudiar formas, configuraciones y relaciones geométricas.</p>	Reconocer y describir figuras planas, sus elementos y propiedades características para clasificarlas, identificar situaciones, describir el contexto físico, y abordar problemas de la vida cotidiana.	Ficha Reto 1	Identifica solo cuando recibe ayuda , las propiedades geométricas que caracterizan los puntos de la circunferencia y el círculo. Identifica solo con ayuda las relaciones entre sus elementos.	Identifica con ayuda ocasional y fijándose en otros modelos , las propiedades geométricas que caracterizan los puntos de la circunferencia y el círculo, y la s relaciones entre sus elementos .	Identifica claramente y sin ayuda las propiedades geométricas que caracterizan los puntos de la circunferencia y el círculo, y las relaciones de razón y proporcionalidad entre sus elementos.								
	Resolver problemas que conlleven el cálculo de longitudes, superficies y volúmenes del mundo físico, utilizando propiedades, regularidades y relaciones de los poliedros	Ficha Reto 2	Calcula de manera imprecisa la longitud de la circunferencia y el área del círculo. Tiene dificultades para aplicarlas a resolver problemas geométricos de la vida real. Resuelve solo con ayuda constante , problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas. Argumenta de manera confusa o incorrecta el proceso de resolución seguido.	Calcula con imprecisiones poco importantes la longitud de la circunferencia y el área del círculo, y las aplica, con ayuda ocasional , para resolver problemas geométricos. Resuelve con ayuda ocasional , problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas. Argumenta de manera parcialmente correcta el proceso de resolución seguido.	Calcula sin ayuda y con precisión la longitud de la circunferencia y el área del círculo, y las aplica a iniciativa propia para resolver problemas geométricos. Resuelve con precisión y sin ayuda problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas. Argumenta de manera coherente el proceso de resolución seguido								
	Utilizar estrategias, herramientas tecnológicas y técnicas simples de la geometría analítica plana para la resolución de problemas de perímetros, áreas y ángulos de figuras planas, utilizando el lenguaje matemático adecuado expresar el procedimiento seguido en la resolución.	Ficha Reto 3	Reconoce con ayuda constante las propiedades características de los polígonos regulares: ángulos interiores, etc. Define con imprecisión los elementos característicos de los triángulos, trazando los mismos y conociendo la propiedad común a cada uno de ellos, y los clasifica con errores frecuentes ocasional atendiendo tanto a sus lados como a sus ángulos. Resuelve solo con ayuda constante problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas.	Reconoce y describe con ayuda ocasional las propiedades características de los polígonos regulares: ángulos interiores, etc. Define con alguna imprecisión los elementos característicos de los triángulos, trazando los mismos y conociendo la propiedad común a cada uno de ellos, y los clasifica con alguna dificultad ocasional atendiendo tanto a sus lados como a sus ángulos. Resuelve con ayuda ocasional problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas.	Reconoce y describe de forma autónoma las propiedades características de los polígonos regulares: ángulos interiores, etc. Define correctamente los elementos característicos de los triángulos, trazando los mismos y conociendo la propiedad común a cada uno de ellos, y los clasifica con precisión atendiendo tanto a sus lados como a sus ángulos. Resuelve con precisión y sin ayuda problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas.								
Min:0 Máx: 0.6							COMPETENCIA LINGÜÍSTICA						
							COMPETENCIA MATEMÁTICA Y CC.BB. EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA						
							COMPETENCIA DIGITAL						
							APRENDER A APRENDER						
							COMPETENCIAS SOCIALES Y CÍVICAS						
							SENTIDO DE INICIATIVA Y ESPÍRITU EMPRENDEDOR						
							CONCIENCIA Y EXPRESIONES CULTURALES						

Min:0 Máx: 0,6



RÚBRICA DE EVALUACIÓN - CÍRCULOS QUE CIRCULAN - TECNOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y ROBÓTICA 1º E.S.O.

ALUMNO/A:

ALUMNO/A:			ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE			PUNTUACIÓN	COMPETENCIAS						
CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Instrumentos	0	0,3	0,6		1	2	3	4	5	6	
Herramientas de programación por bloques	Utilizar con destreza un entorno de programación gráfica por bloques	Fichas Reto 1, Reto 2 y Reto 3	Emplea, solo con ayuda , las diferentes herramientas básicas del entorno de programación. Sitúa y mueve con dificultad objetos en una dirección dada. Inicia y detiene la ejecución de un programa. Maneja, con errores frecuentes los principales grupos de bloques del entorno. Utiliza, solo con ayuda , los comandos de control de ejecución: condicionales y bucles. Analiza solo con ayuda el funcionamiento de un programa a partir de sus bloques.	Emplea, con ayuda ocasional , las diferentes herramientas básicas del entorno de programación. Sitúa y mueve objetos en una dirección dada. Inicia y detiene la ejecución de un programa. Maneja, con algunos errores , los principales grupos de bloques del entorno. Utiliza, con errores ocasionales , los comandos de control de ejecución: condicionales y bucles. Analiza con ayuda ocasional el funcionamiento de un programa a partir de sus bloques.	Emplea, con facilidad , las diferentes herramientas básicas del entorno de programación. Sitúa y mueve objetos en una dirección dada. Inicia y detiene la ejecución de un programa. Maneja, con soltura , los principales grupos de bloques del entorno. Utiliza, con facilidad , los comandos de control de ejecución: condicionales y bucles. Analiza de forma autónoma el funcionamiento de un programa a partir de sus bloques.								
Proyectos tecnológicos: Fases del proyecto tecnológico y su documentación. Representación gráfica en proyectos tecnológicos. Innovación y creatividad tecnológica. Proyectos de desarrollo de aplicaciones informáticas	Describir las fases y procesos del diseño de proyectos tecnológicos	Fichas Reto 1, Reto 2 y Reto 3. Sesión de exposición final	Analiza solo con ayuda los objetos y sistemas técnicos para explicar su funcionamiento, distinguir sus elementos y las funciones que realizan. Proyecta con dificultad y de manera dirigida , individualmente y en grupo, problemas tecnológicos trabajando de forma ordenada y metódica desde la fase de análisis del problema hasta la evaluación del funcionamiento del prototipo fabricado incluyendo su documentación. Casi nunca colabora con sus compañeros para alcanzar la solución final. Solo ocasionalmente se responsabiliza de su parte de trabajo y del trabajo total.	Analiza con errores poco frecuentes los objetos y sistemas técnicos para explicar su funcionamiento, distinguir sus elementos y las funciones que realizan. Proyecta de manera dirigida , individualmente y en grupo, problemas tecnológicos trabajando de forma ordenada y metódica desde la fase de análisis del problema hasta la evaluación del funcionamiento del prototipo fabricado incluyendo su documentación. Colabora frecuentemente con sus compañeros para alcanzar la solución final: dialoga, razona y discute sus propuestas y las presentadas por otros. Se responsabiliza con alguna frecuencia de su parte de trabajo y del trabajo total.	Analiza con precisión los objetos y sistemas técnicos para explicar su funcionamiento, distinguir sus elementos y las funciones que realizan. Proyecta con autonomía y creatividad , individualmente y en grupo, problemas tecnológicos trabajando de forma ordenada y metódica desde la fase de análisis del problema hasta la evaluación del funcionamiento del prototipo fabricado incluyendo su documentación. Colabora siempre con sus compañeros para alcanzar la solución final: dialoga, razona y discute sus propuestas y las presentadas por otros. Se responsabiliza siempre de su parte de trabajo y del trabajo total.								
Min:0 Máx: 1,2							COMPETENCIA LINGÜÍSTICA	COMPETENCIA MATEMÁTICA Y CC.BB. EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	COMPETENCIA DIGITAL	APRENDER A APRENDER	COMPETENCIAS SOCIALES Y CÍVICAS	SENTIDO DE INICIATIVA Y ESPÍRITU EMPRENDEDOR	CONCIENCIA Y EXPRESIONES CULTURALES



RÚBRICA DE EVALUACIÓN - CÍRCULOS QUE CIRCULAN - APRENDIZAJE ACTIVO Y COOPERATIVO

					PUNTUACIÓN		
GRUPO:	Peso (%)	0	0,05	0,1	Reto 1	Reto 2	Reto 3
Participación activa	30	Ningún estudiante participa activamente	Sólo dos alumnos participan	Todos aportan ideas y participan activamente			
Iniciativa y Responsabilidad	25	No toman la iniciativa ni asumen la responsabilidad de sus decisiones	Casi siempre toman la iniciativa aunque a veces les cuesta asumir la responsabilidad	Siempre toman la Iniciativa y todos comparten la responsabilidad			
Cooperación	30	Desinterés. No se escuchan ni apoyan en el grupo. No respetan la asignación de roles	A veces comparten ideas, se escuchan y se apoya al grupo. Asumen los roles asignados pero con frecuencia no los respetan	Comparten ideas, apoyan el esfuerzo de los demás y valoran las opiniones ajenas. Incentivan el ejercicio de los roles asignados			
Exposición de resultados	15	Exposición y argumentación de poca calidad	Exposición suficiente pero mejorable. Escasa argumentación oral	Buena argumentación y presentación oral de los resultados			
					Min:0 Máx: 0,1	Min:0 Máx: 0,1	Min:0 Máx: 0,1
					TOTAL		
					Min:0 Máx: 0,3		

5.8. Recursos

Los recursos utilizados para la intervención didáctica propuesta son los siguientes:

- Aula de Tecnología o de Informática.
- Un kit de robótica educativa Lego Mindstorms EV3 por cada equipo. Cada kit incluye un bloque procesador, tres motores, sensor táctil, sensor de ultrasonido, un giroscopio y diverso material mecánico, incluido ruedas de distintos tamaños, para poder montar un robot con distintas configuraciones.
- Ordenadores del aula de Informática con el software propietario de Lego desarrollado por el M.I.T (Massachussets Institute of Technology). En caso de utilizar el entorno de programación de Scratch, debe instalarse Scratch Desktop y Scratch Link si no hubiera conexión a internet abierta en el aula. Debe tenerse en cuenta que Scratch tiene una funcionalidad limitada con los robots de Lego que no permitiría desarrollar toda la funcionalidad propuesta. Lego también puede programarse con Python, pero no se ha considerado recomendable para introducir la Programación por bloques en primer curso de E.S.O.
- Una cinta métrica por cada equipo.
- Rotuladores y Cartulinas para dibujar.
- Retroproyector para la presentación de soporte.
- Presentación de soporte para el desarrollo de la actividad en el aula.
- Vídeo del CSIC sobre su proyecto de exoesqueleto móvil para niños.
- Fichas de trabajo a completar por los alumnos.
- Recompensas (diplomas, reconocimientos...).

Ante la dificultad para contar con material de robótica educativa del centro, los departamentos de Matemáticas y de Tecnología han contado con el apoyo de la Asociación de Madres y Padres de Alumnos (A.M.P.A.) del centro que, a través de subvenciones de la Comunidad Autónoma correspondiente, adquirió el curso pasado diez kits de robótica educativa de Lego Education, concretamente del modelo Mindstorms EV3. La A.M.P.A. los utiliza para la realización de actividades extraescolares en el propio centro educativo. Los departamentos de Matemáticas y Tecnología han llegado a un acuerdo con la A.M.P.A. para que



preste los kits durante dos semanas a ambos departamentos para una intervención didáctica en un aula de 1º de E.S.O. A cambio, ambos departamentos se comprometen a actualizar el software y firmware de los robots o cualquier otro elemento que no implique coste para la A.M.P.A. ni para el centro.

6. DISCUSIÓN

Del análisis de la literatura consultada sobre el tema de este Trabajo Fin de Máster se concluye que la robótica educativa por sí sola no garantiza una mejora de resultados en el aprendizaje de las Matemáticas, ya que el docente, la actividad y el contexto de aprendizaje juegan también un papel fundamental (Zhong & Xia, 2020).

El uso de la robótica educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas genera motivación en los estudiantes, y promueve su involucración activa en el aprendizaje de conceptos matemáticos, así como en la adquisición de competencias Matemáticas tales como el pensamiento analítico o la resolución de problemas. También permite desarrollar la competencia Digital de los estudiantes ya que, por definición, la robótica requiere adquirir y aplicar hábitos de análisis y conocimientos de programación. Es así mismo una herramienta adecuada para el desarrollo de competencias metacognitivas del propio aprendizaje (Aprender a aprender), y para el desarrollo de competencias Sociales y Cívicas al permitir relacionar la abstracción de las matemáticas con problemas de la vida real, generando además un entorno adecuado para el aprendizaje cooperativo.

Sin embargo, no basta con usar la robótica educativa, o la tecnología en general, para enseñar y aprender Matemáticas. El diseño de las actividades requiere un importante trabajo didáctico de integración de la tecnología en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas.

A pesar de todos los aspectos positivos mencionados, el uso de la robótica educativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la educación secundaria sigue siendo muy reducido, al menos en el ecosistema educativo español. Entre las dificultades a vencer probablemente las tres fundamentales sean:

- La necesidad de contar con un número suficiente de docentes con la formación complementaria adecuada, y convencidos de su utilidad en la enseñanza-aprendizaje no solo de las Matemáticas, sino también en Ciencias, Física, Música o Artes.
- La necesidad de adaptar las programaciones didácticas y las programaciones de aula sin afectar al currículo establecido por el marco

legislativo, incluidos aspectos como la temporalización y el propio diseño de algunas unidades didácticas.

- La necesidad de mantener un ratio adecuado de estudiantes por aula o por docente en el aula. Este trabajo ha propuesto una idea posible mediante la colaboración de dos Departamentos diferentes, pero también se podría implementar a través de comunidades de aprendizaje que permitan incorporar a diferentes agentes (familias, profesionales, otros docentes e instituciones y empresas) a los espacios de formación.
- Contar con los medios materiales adecuados. Esta dificultad es previsiblemente más fácil de gestionar en centros educativos privados y concertados. No obstante, también es factible de abordar en los centros públicos con colaboraciones con las A.M.P.A. como la propuesta en este trabajo, o mediante convenios de colaboración con otras instituciones públicas o privadas.

7. CONCLUSIONES GENERALES

Este Trabajo Fin de Máster presenta una propuesta de uso de la Robótica educativa mediante una combinación didáctica de algunos contenidos curriculares de Matemáticas y Tecnología en el primer curso de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.).

El trabajo plantea cómo el uso de la robótica educativa junto a una combinación didáctica adecuada del currículo de Matemáticas y de Tecnología en una intervención didáctica concreta puede contribuir, no solo a romper con los tabúes negativos de ambas materias entre el alumnado, sino también a potenciar el desarrollo de las distintas competencias que deben desarrollar los estudiantes según el actual marco normativo, y que en buena medida se enmarcan en las competencias que constituyen la base de un desarrollo positivo adolescente (cognitivas, emocionales, sociales, personales y morales).

Se trata, en definitiva, de mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en estudiantes de 1º de E.S.O., trabajando su motivación e interés hacia las Matemáticas y la Tecnología, su integración en el aula, el desarrollo de las competencias básicas establecidas por el currículo de E.S.O. y contribuyendo al desarrollo positivo adolescente.

El objetivo principal de este trabajo ha sido diseñar una intervención didáctica que utilizando la robótica educativa contribuya, en el marco de lo establecido por la actual legislación educativa, al desarrollo de la competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología de los estudiantes de 1º curso de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O), junto con el desarrollo de su competencia Digital más allá del rol de simples usuarios de tecnología.

También acorde a los objetivos fijados, este trabajo fin de Máster logra los objetivos específicos que se fijaron:

- Recopilar bibliografía sobre el uso de la robótica educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, en etapas educativas no universitarias y preferentemente en la etapa de educación secundaria.
- Identificar y describir el marco teórico de algunos de los aspectos pedagógicos y de las metodologías didácticas que deben tenerse en cuenta para llevar adecuadamente a la práctica el uso de la robótica

educativa en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en las fases de adolescencia temprana y adolescencia media.

- Desarrollar una intervención didáctica para el primer curso de E.S.O. que utilice la robótica educativa para la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, tomando en consideración el análisis realizado de la literatura publicada al respecto, y los elementos pedagógicos y didácticos previamente identificados.

Por otra parte, la intervención didáctica diseñada ha tenido en cuenta las principales lecciones aprendidas para un uso eficaz de la robótica educativa en el aprendizaje de las Matemáticas, que se derivan del análisis de la literatura publicada sobre el tema:

- El rol del docente es básico, supervisando el uso de los conocimientos matemáticos previos, y la matematización de la solución, logrando no solo un aprendizaje significativo sino haciendo a los estudiantes conscientes de su aprendizaje y de su competencia de Aprender a aprender.
- El rol de los docentes fomenta la colaboración, e incentiva la creatividad y el aprendizaje activo mediante la realización de preguntas abiertas.
- Se han diseñado actividades cortas adaptadas al nivel educativo de 1º curso de E.S.O., con una contextualización de la actividad y de la robótica
- Las actividades permiten añadir gradualmente distintos grados de dificultad o actividades adicionales, para adaptarse a la diversidad del aula. También incluye un balance de tareas manipulativas y tareas más analíticas para aprovechar las distintas destrezas de los estudiantes en grupos de aprendizaje cooperativo.
- La motivación e involucración activa de los estudiantes se logra mediante el uso de un material manipulativo y novedoso como es la robótica, combinado con una metodología de gamificación, y un entorno de aprendizaje cooperativo. Sin olvidar la motivación extrínseca asociada a la Evaluación de la actividad.
- Se ha incluido una primera sesión de familiarización con la plataforma de robótica que se va a utilizar, para gestionar el riesgo de que la novedad reduzca el foco en el resto de las competencias a adquirir.

- La intervención plantea realizar una activación de conocimientos al principio de cada sesión, o en el momento adecuado en el que la actividad lo requiera.
- La elección de un aula adecuada para experimentar con los robots.
- Se trabaja con equipos de 2-3 estudiantes por grupo.
- Se ha propuesto un software y hardware adecuados para la edad de los estudiantes, utilizando un lenguaje sencillo de programación por bloques.
- Se dedica una sesión completa a compartir con los compañeros el resultado de su trabajo, las dificultades experimentadas, sus aciertos y errores, o sus ideas sobre la actividad. De este modo, la intervención propuesta puede contribuir al desarrollo de la competencia de Comunicación lingüística y de la competencia de Aprender a aprender, al permitir a los estudiantes tomar conciencia de los conocimientos adquiridos y del proceso seguido para ello. Y también reforzar el sentimiento de pertenencia al grupo, la autoestima y el autoconcepto, contribuyendo en definitiva a un desarrollo positivo adolescente.



8. REFERENCIAS

- J. A. T. (2005). Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos. *La Orientación Escolar En Centros Educativos*.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Benson, P. L., Scales, P. C., Hamilton, S. F., & Sesma, A. (2007). Positive Youth Development: Theory, Research, and Applications. In *Handbook of Child Psychology*. <https://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy0116>
- BOCYL. (2015). ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo. *Boletín Oficial de Castilla y León*.
- Delors, J. et al. (1996). *Learning: the treasure within. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the twenty-first century. Highlights. Journal of Chemical Information and Modeling*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández de Haro, E. (2010). EL TRABAJO EN EQUIPO MEDIANTE APRENDIZAJE COOPERATIVO. *Departamento de Psicología Evolutiva y de La Educación*. <https://doi.org/10.1558/jsrnc.v4i1.24>
- Foncubierta, J., & Rodríguez, C. (2006). Didáctica de la gamificación en la clase de español. *Edinumen*.
- INTEF. (2019). La Escuela de Pensamiento Computacional - INTEF. Retrieved from <https://intef.es/tecnologia-educativa/pensamiento-computacional/>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research. Central European*.
- Keren, G., & Fridin, M. (2014). Kindergarten Social Assistive Robot (KindSAR) for children's geometric thinking and metacognitive development in preschool education: A pilot study. *Computers in Human Behavior*.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.009>
- Keyes, C. L. M. (2002). The mental health continuum: From languishing to flourishing in life. *Journal of Health and Social Behavior*. <https://doi.org/10.2307/3090197>
- Keyes, C. L. M. (2009). The nature and importance of positive mental health in America's adolescents. In *Handbook of Positive Psychology in Schools*.
<https://doi.org/10.4324/9780203884089-10>
- Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development. *Prentice Hall, Inc*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7223-8.50017-4>
- Lerner, R. M., Almerigi, J. B., Theokas, C., & Lerner, J. V. (2005). Positive youth development: A view of the issues. *Journal of Early Adolescence*.
<https://doi.org/10.1177/0272431604273211>
- Madrid, C. de. (2015). DECRETO 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.
- Mandin, S., De Simone, M., & Soury-Lavergne, S. (2017). Robot moves as tangible feedback in a mathematical game at primary school. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42975-5_22
- Ministerio de Educación, C. y D. (2015). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre. *BOE*.
- Ministerio de Educación Cultura Deporte. (2018). Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula, *91*(5), 1689–1699.

- <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Oliva, A., Ríos, M., Antolín, L., Parra, A., Hernando, A., & Pertegal, M. A. (2010). Más allá del déficit: construyendo un modelo de desarrollo positivo adolescente. *Infancia y Aprendizaje*. <https://doi.org/10.1174/021037010791114562>
- Oliva Delgado, A., Pertegal, M. Á., Antolín, L., Reina, M. C., Ríos, M., Hernando, Á., ... Estévez, R. M. (2011). El Desarrollo positivo adolescente y los activos que lo promueven. Un estudio en centros docentes andaluces. *Consejería de Salud. Junta de Andalucía*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cag.2016.05.011>
- PATTIER BOCOS, D. (2020). Pallarès, M., Chiva, Ó., López, R. y Cabero, I. (2018). La escuela que llega: Tendencias y nuevos enfoques metodológicos. Barcelona: Octaedro, 115 pp. *Teoría de La Educación. Revista Interuniversitaria*. <https://doi.org/10.14201/teri.21660>
- Pertegal, M. Á., Oliva, A., & Hernando, Y. Á. (2010). Los programas escolares como promotores del desarrollo positivo adolescente. *Cultura y Educacion*. <https://doi.org/10.1174/113564010790935169>
- Pintrich, P. R. (1989). The dynamic interplay of student motivation and cognition in the college classroom. In *Advances in motivation and achievement, Vol. 6*.
- Pujolàs Maset, P. (2008). 9 ideas clave. El aprendizaje cooperativo. *Colección Ideas Clave. Director de La Colección: Antonio Zabala. Serie: Orientación y Tutoria*.
- Pujolàs Maset, P. (2012). Aulas inclusivas y aprendizaje cooperativo. *Educatio Siglo XXI: Revista de La Facultad de Educación*.
- Savard, A., & Freiman, V. (2016). Investigating Complexity to Assess Student Learning from a Robotics-Based Task. *Digital Experiences in Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0016-6>
- Savard, A., & Highfield, K. (2015). Teachers' talk about Robotics: Where is the Mathematics? *Pittí Patiño, K., Curto Diego, B., Moreno Rodilla, V., & Rodríguez Conde, M. J. (2014). Uso de La Robótica Como Herramienta de Aprendizaje En Iberoamérica y España. Ieee Vaep-Rita, 2(1), 41–48. Inicial, C. (n.d.). Unidad Didáctica Robótica En El Aula Cícl*.
- Shankar, R. T., Ploger, D., Nemeth, A., & Hecht, S. A. (2013). Robotics: Enhancing pre-college mathematics learning with real-world examples. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Xia, L., & Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers and Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007>
- Zhong, B., & Xia, L. (2020). A Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>
- iRobot. https://multimedia.irobot.es/kit-de-prensa?item=14#assets_34176_14-116:212
- American Motor Honda Co. <https://asimo.honda.com/gallery>
- C.S.I.C. https://www.csic.es/sites/default/files/8june2016exoskeleton_ENGLISH_0.pdf



ANEXO I: CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE OBJETO DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PROPUESTA

Matemáticas - 1º curso E.S.O. - Bloque 1: Procesos, Métodos y actitudes en Matemáticas

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Planificación del proceso de resolución de problemas: - Estrategias y procedimientos puestos en práctica - Reflexión sobre los resultados	Expresar verbalmente, de forma razonada el proceso seguido en la resolución de un problema Utilizar procesos de razonamiento y estrategias de resolución de problemas, realizando los cálculos necesarios y comprobando las soluciones obtenidas	1.1. Expresa verbalmente, de forma razonada, el proceso seguido en la resolución de un problema, con el rigor y la precisión adecuada. 2.1. Analiza y comprende el enunciado de los problemas (datos, relaciones entre los datos, contexto del problema). 2.2. Valora la información de un enunciado y la relaciona con el número de soluciones del problema. 2.3. Realiza estimaciones y elabora conjeturas sobre los resultados de los problemas a resolver, valorando su utilidad y eficacia. 2.4. Utiliza estrategias heurísticas y procesos de razonamiento en la resolución de problemas, reflexionando sobre el proceso de resolución de problemas.
Planteamiento de investigaciones matemáticas escolares en contextos numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos y probabilísticos: - Práctica de los procesos de matematización en contextos de la realidad y en contextos matemáticos - Confianza en las propias capacidades para desarrollar actitudes adecuadas y afrontar las dificultades propias del trabajo científico	Desarrollar procesos de matematización en contextos de la realidad cotidiana (numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos o probabilísticos) a partir de la identificación de problemas en situaciones problemáticas de la realidad. Desarrollar y cultivar las actitudes personales inherentes al quehacer matemático.	6.1. Identifica situaciones problemáticas de la realidad, susceptibles de contener problemas de interés. 6.2. Establece conexiones entre un problema del mundo real y el mundo matemático: identificando el problema o problemas matemáticos que subyacen en él y los y los conocimientos matemáticos necesarios. 6.3. Usa, elabora o construye modelos matemáticos sencillos que permitan la resolución de un problema o problemas dentro del campo de las matemáticas. 6.4. Interpreta la solución matemática del problema en el contexto de la realidad. 6.5. Realiza simulaciones y predicciones 8.1. Desarrolla actitudes adecuadas para el trabajo en matemáticas: esfuerzo, perseverancia, flexibilidad y aceptación de la crítica razonada. 8.2. Se plantea la resolución de retos y problemas con la precisión, esmero e interés adecuados al nivel educativo y a la dificultad de la situación. 8.3. Distingue entre problemas y ejercicios y adopta la actitud adecuada para cada caso. 8.4. Desarrolla actitudes de curiosidad e indagación, junto con hábitos de plantear/se preguntas y buscar respuestas adecuadas, tanto en el estudio de los conceptos como en la resolución de problemas



<p>Utilización de medios tecnológicos para:</p> <ul style="list-style-type: none">- facilitar la comprensión de propiedades geométricas o funcionales, y la realización de cálculos- comunicar y compartir, en entornos apropiados, la información y las ideas matemáticas	<p>Emplear las herramientas tecnológicas adecuadas, de forma autónoma, ... recreando situaciones matemáticas mediante simulaciones o analizando con sentido crítico situaciones diversas que ayuden a la comprensión de conceptos matemáticos o a la resolución de problemas.</p> <p>Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación de modo habitual en el proceso de Aprendizaje... haciendo exposiciones y argumentaciones de los mismos, y compartiendo éstos en entornos apropiados para facilitar la interacción.</p>	<p>11.4. Recrea entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas interactivas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas.</p> <p>12.2 Utiliza los recursos creados para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula. 12.3. Usa adecuadamente los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, analizando puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.</p>
---	--	--



Matemáticas - 1º Curso E.S.O. - Bloque 3: Geometría

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTANDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<p>Elementos básicos de la geometría del plano. Relaciones y propiedades de figuras en el plano: Paralelismo y perpendicularidad. Ángulos y sus relaciones. Construcciones geométricas sencillas: mediatriz, bisectriz. Propiedades.</p> <p>Figuras planas elementales: triángulo, cuadrado, figuras poligonales. Clasificación de triángulos y cuadriláteros. Propiedades y relaciones.</p> <p>Cálculo de áreas y perímetros de figuras planas: Circunferencia, círculo, arcos y sectores circulares.</p> <p>Uso de herramientas informáticas para estudiar formas, configuraciones y relaciones geométricas.</p>	<p>Reconocer y describir figuras planas, sus elementos y propiedades características para clasificarlas, identificar situaciones, describir el contexto físico, y abordar problemas de la vida cotidiana.</p> <p>Utilizar estrategias, herramientas tecnológicas y técnicas simples de la geometría analítica plana para la resolución de problemas de perímetros, áreas y ángulos de figuras planas, utilizando el lenguaje matemático adecuado expresar el procedimiento seguido en la resolución.</p> <p>Resolver problemas que conlleven el cálculo de longitudes, superficies y volúmenes del mundo físico, utilizando propiedades, regularidades y relaciones de los poliedros.</p>	<p>1.1. Reconoce y describe las propiedades características de los polígonos regulares: ángulos interiores, ángulos centrales, diagonales, apotema, simetrías, etc. 1.2. Define los elementos característicos de los triángulos, trazando los mismos y conociendo la propiedad común a cada uno de ellos, y los clasifica atendiendo tanto a sus lados como a sus ángulos. 1.3. Clasifica los cuadriláteros y paralelogramos atendiendo al paralelismo entre sus lados opuestos y conociendo sus propiedades referentes a ángulos, lados y diagonales. 1.4. Identifica las propiedades geométricas que caracterizan los puntos de la circunferencia y el círculo.</p> <p>2.1. Resuelve problemas relacionados con distancias, perímetros, superficies y ángulos de figuras planas, en contextos de la vida real, utilizando las herramientas tecnológicas y las técnicas geométricas más apropiadas. 2.2. Calcula la longitud de la circunferencia, el área del círculo, la longitud de un arco y el área de un sector circular, y las aplica para resolver problemas geométricos.</p> <p>6.1. Resuelve problemas de la realidad mediante el cálculo de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos, utilizando los lenguajes geométrico y algebraico adecuados.</p>



Tecnología, Robótica y Programación - 1º curso E.S.O. - Bloque 1: Programación

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTANDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Herramientas de programación por bloques	Utilizar con destreza un entorno de programación gráfica por bloques	3.2. Emplea, con facilidad, las diferentes herramientas básicas del entorno de programación. 3.3. Sitúa y mueve objetos en una dirección dada. 3.4. Inicia y detiene la ejecución de un programa. 3.6. Maneja, con soltura, los principales grupos de bloques del entorno. 3.7. Utiliza, con facilidad, los comandos de control de ejecución: condicionales y bucles. 3.10. Analiza el funcionamiento de un programa a partir de sus bloques.

Tecnología, Robótica y Programación - 1º curso E.S.O. - Bloque 2: Tecnología

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTANDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Proyectos tecnológicos: Fases del proyecto tecnológico y su documentación. Representación gráfica en proyectos tecnológicos. Innovación y creatividad tecnológica. Proyectos de desarrollo de aplicaciones informáticas	<p>Describir las fases y procesos del diseño de proyectos tecnológicos</p> <p>Actuar de forma dialogante y responsable en el trabajo en equipo, durante todas las fases del desarrollo del proyecto técnico.</p> <p>Adoptar actitudes favorables a la resolución de problemas técnicos desarrollando interés y curiosidad hacia la actividad tecnológica.</p> <p>Analizar y valorar de manera crítica el desarrollo tecnológico y su influencia en el medio ambiente, en la salud y en el bienestar personal y colectivo a lo largo de la historia de la humanidad.</p>	<p>1.1. Analiza los objetos y sistemas técnicos para explicar su funcionamiento, distinguir sus elementos y las funciones que realizan. 1.2. Enumera las fases principales del proyecto tecnológico y planifica adecuadamente su desarrollo. 1.4. Proyecta con autonomía y creatividad, individualmente y en grupo, problemas tecnológicos trabajando de forma ordenada y metódica desde la fase de análisis del problema hasta la evaluación del funcionamiento del prototipo fabricado incluyendo su documentación.</p> <p>8.1. Colabora con sus compañeros para alcanzar la solución final. 8.2. Dialoga, razona y discute sus propuestas y las presentadas por otros. 8.3. Se responsabiliza de su parte de trabajo y del trabajo total.</p>



ANEXO II: OTROS DOCUMENTOS ADJUNTOS

Se adjunta en documento aparte la presentación preparada como material de soporte para el desarrollo de la intervención didáctica en el aula: *Círculos que circulan_Soporte aula.pptx*